В ПОМОЩЬ ЛЕКТОРУ



А. Е. ФЕРСМАН

РОЛЬ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА МЕНДЕЛЕЕВА В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ



ГОСКУЛЬТПРОСВЕТИЗДАТ
МОСКВА - 1947

Академик
А. Е. ФЕРСМАН

РОЛЬ
ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА МЕНДЕЛЕЕВА В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ

Примечания составлены
С. В. Альтшулером

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва. 1947

ОГЛАВЛЕНИЕ

Редактор *В. Д. Елагин*

Техредактор *Е. Н. Пергаменщик*

Адрес издательства: Москва, Китайский проезд, д. 3/4, подъезд 3-а

№ А 09106. Сд. в пр. 18/VII - 1947 г. Подп.к печ. 18/IX-1947г. П. л. 3,5. Уч.-изд. л. 4. В 1 п. л. зн. 37.500. Ф. б. $60 \times 90/_{16}$. Цена 2 р. 40 к. Изд. инд. НП 2-96. Заказ № 68. Тираж 15.000.

г. Елец, типография Госкультпросветиздата.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лекция покойного академика А. Е. Ферсмана „Роль периодического закона Менделеева в современной науке", впервые изданная в 1946 году, содержит сведения и по существу этого закона и по истории химии вообще. Таким образом лектор может использовать материал академика Ферсмана для прочтения лекции и на более общую тему: „Периодический закон Менделеева".

Сам Менделеев придавал огромное значение истории науки. „Вы скажете — это история, но от истории не вырваться,— говорил он в одной из своих лекций,—история есть неизбежная колея, по которой движется какой бы то ни было научный или общественный прогресс".

История открытия периодического закона очень интересна и сама по себе. При установлении закона Менделееву пришлось преодолеть огромные трудности.

Перед Менделеевым стояла задача систематизации всего накопленного до него и в его время химиками материала. Но он предвидел и установление новых фактов. Такое предвидение возможно только в результате открытия закона, управляющего теми или иными явлениями природы. „Знание же требует... и его основная задача есть обладание фактами, то-есть иметь такой факт, которого не видели глаза, не имели руки и который познается, воспринимается органами чувств только благодаря закону",—говорил Менделеев.

Периодический закон, открытый Менделеевым, и дал возможность предвидеть факты, которых „не видели глаза" и „не имели руки".

В лекции академика Ферсмана рассказано и о том, какое толкование получил закон Менделеева в современной физике и какое влияние он, в свою очередь, оказывает на развитие науки.

В соответствии с таким планом лекции академика Ферсмана написаны и примечания к лекции. Часть из них содержит дополнительные сведения по истории открытия и, как говорил Менделеев, „укрепления" периодического закона. Другая же часть примечаний должна сообщить лектору дополнительный материал по вопросам природы радиоактивности, применения искусственных радиоактивных веществ и т. д. В качестве приложения даны краткая библиография о Менделееве и его законе и указатель важнейших дат жизни и научной деятельности Менделеева.

С. А.

ВВЕДЕНИЕ

Для того, чтобы нарисовать картину победного шествия научной мысли, особенно характерного для нашей страны, можно попытаться дать общую картину главных идей, которые одухотворяют эту грандиозную работу, но можно поступить и иначе: взять одно из основных научных направлений и попытаться на нем показать, как сейчас работает научная мысль, внедряясь в нашу жизнь и во все наше миросозерцание.

Я пойду вторым путем и попытаюсь очень кратко рассказать об одном из величайших завоеваний научной мысли в нашей стране—о законе Д. И. Менделеева.

Вспомним замечательную оценку, которую дал этому закону Ф. Энгельс. Он говорил:

„Менделеев, применив бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверрье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты—Нептуна“ (Ф. Энгельс.—Диалектика природы).



ЗАРОЖДЕНИЕ ЗАКОНА

Зародился закон Менделеева в 60-х годах прошлого столетия, то-есть примерно 75—85 лет назад.

Представьте себе молодого ученого, только что вступившего на самостоятельный научный путь и получившего предложение читать лекции по химии в Петербургском университете.

Для молодого химика это звучит как призыв. Он углубляется в изучение химической литературы, достает сочинения Берцелиуса на шведском языке и задает себе вопрос: как преподнести сложную науку—химию—студенту, которому он впервые должен читать свой курс?

У него имеется огромное количество фактов. В это время уже накопилось много знаний о свойствах различных элементов, уже начинают вырисовываться общие закономерности, некоторые связи в химических особенностях тех или иных веществ: хлора, брома, иода и т. д. Но как изложить это слушателям в системе, чтобы легко было все запомнить, как обнаружить эти связи?

А мы знаем, что для запоминания нужны именно внутренние логические связи—они помогают запоминать отдельные явления и факты.

Менделеев думает о том, как лучше всего расположить материал, чтобы облегчить его усвоение. Он останавливает свое внимание на простых веществах, которых в то время было известно уже около шестидесяти, выписывает их названия на карточках и здесь же отмечает их атомный вес, растворимость, типы химических соединений и некоторые

другие химические свойства. Эти карточки он раскладывает на столе и пытается, перекладывая их в известном порядке, уловить какую-то закономерность в свойствах веществ, чтобы можно было, удобства ради, излагать их в определенной последовательности.

Разбирая карточки, он обнаруживает, что действительно такая закономерность имеется и что карточки нужно просто располагать в ряд по атомным весам химических элементов, причем именно так, чтобы атомный вес все время повышался[1].

Оказывается, что, раскладывая таким образом карточки, можно обнаружить закономерное периодическое изменение свойств химических элементов. Если расположить химические элементы со сходными свойствами друг под другом, то длинный ряд элементов превращается в таблицу.

Получается несколько горизонтальных рядов,—и Менделеевская таблица готова.

Менделеев так говорит о своем открытии: „Вот я и стал подбирать, написав на отдельных карточках элементы с их атомными весами и коренными свойствами, сходные элементы и близкие атомные веса, что быстро и привело к тому заключению, что свойства элементов стоят в периодической зависимости от их атомного веса, причем, сомневаясь во многих неясностях, я ни на минуту не сомневался в общности сделанного вывода, так как случайности допустить было невозможно“ (Д. И. Менделеев.—Основы химии.)

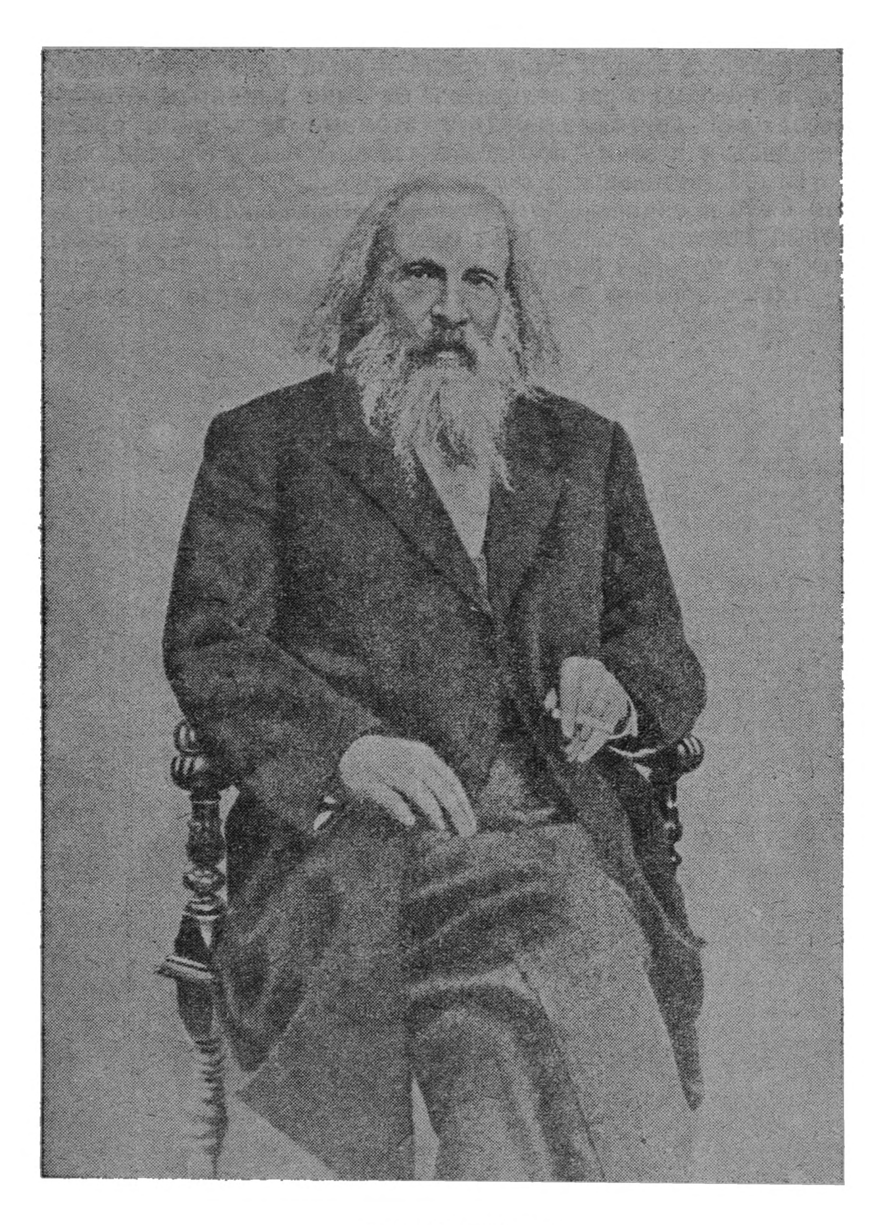
Позднее, в одной заметке, он хорошо объясняет, как в конце концов он подошел к открытию этого замечательного закона:

„Писать начал, когда стал после профессора Воскресенского читать неорганическую химию, когда, перебрав все книги, нашел, что ничего нельзя рекомендовать студентам. Писать заставили меня друзья. Писавши, изучил много нового, начал писать в 1868 г., и получилась, наконец, хорошая книга. А главное, эта книга (Основы химии.—*Ред.*)[2] давала мне некоторый доход новыми своими изданиями, и я мог дальше работать. Тут много самостоятельности в мелочах, а главное, периодичность элементов найдена при обработке этой книги“.

Как видим, Менделеев совсем просто излагает историю своего открытия. Конечно, эта простота, эта как бы некоторая случайность в открытии—только кажущаяся. Для того, чтобы расположить карточки со свойствами химических элементов именно так, как это сделал Менделеев, нужно

[1] См. примечание 1.

[2] См. примечание 2.



Д. И. Менделеев
1835—1907

было проделать большую работу, необычайно глубоко, интуитивно уловить суть дела и гениально, творчески обойти ряд непреодолимых с первого взгляда затруднений.

Всего Менделеев знал 60 элементов. Для семи элементов атомные веса к тому времени были определены неверно, в несколько раз отличаясь от ныне принятых атомных весов; для других элементов атомные веса были просто неточны, и поэтому порядок в таблице опять нарушался.

В действительности это была трудная, большая работа; это было прорицание, угадывание того великого закона, который затем в течение всей своей жизни Менделеев развивал и за который боролся.

Таким образом был открыт величайший закон химии.[1]

---

[1] См. примечание 3.

Ряды	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ:								
1	—	Водород. H 1,008	—	—	—	—	—	—	
2	Гелий He 4,0	Литий Li 7,03	Бериллий Be 9,1	Бор B 11,0	Углерод C 12,0	Азот N 14,01	Кислород. O 16,00	Фтор. F 19,0	
3	Неон Ne 19,9	Натрий Na 23,05	Магний. Mg 24,36	Алюминий Al 27,1	Кремний. Si 28,2	Фосфор. P 31,0	Сера S 32,06	Хлор. Cl 35,45	
4	Аргон. Ar 38	Калий K 39,15	Кальций Ca 40,1	Скандий Sc 41,1	Титан. Ti 48,1	Ванадий V 51,2	Хром. Cr 52,1	Марганец. Mn 55,0	Железо. Fe 55,9; Кобальт Co 59; Никель Ni 59 (Cu)
5		Медь. Cu 63,6	Цинк. Zn 65,4	Галлий Ga 70,0	Германий. Ge 72,5	Мышьяк. As 75	Селен. Se 79,2	Бром. Br 79,95	
6	Криптон. Kr 81,8	Рубидий Rb 85,5	Стронций. Sr 87,6	Иттрий Y 89,0	Цирконий Zr 90,6	Ниобий Nb 94,0	Молибден. Mo 96,0		Рутений Ru 101,7; Родий. Rh 103,0; Палладий Pd 106,5 (Ag)
7		Серебро. Ag 107,93	Кадмий. Cd 112,4	Индий. In 115,0	Олово. Sn 119,0	Сурьма. Sb 120,2	Теллур. Te 127	Иод. J 127	
8	Ксенон. Xe 128	Цезий. Cs 132,9	Барий. Ba 137,4	Лантан. La 138,9	Церий Ce 140,2	—	—	—	— — —
9		—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	Иттербий. Yb 173	—	Тантал. Ta 183	Вольфрам. W 184	—	Осмий. Os 191; Иридий. Ir 193; Платина. Pt 194,8 (Au)
11		Золото. Au 197,2	Ртуть Hg 200,0	Таллий. Tl 204,1	Свинец. Pb 206,9	Висмут. Bi 238,5	—	—	
12	—	—	Радий. Rd 225	—	Торий. Th 232,5	—	Уран. U 238,5	:	

Высшие солеобразные окислы:

R	R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4

Высшие газообразные водородные сплошные соединения:

				RH_4	RH_3	RH_2	RH	

Д. Менделеев.
1869 — 1905

Периодическая система элементов, составленная Д. И. Менделеевым

ИСТОРИЯ БОРЬБЫ ЗА ЗАКОН

Закон был открыт, но для того, чтобы объяснить его, указать его смысл и значение для всего нашего миропонимания, нужно было, чтобы прошло 75 лет, чтобы прошел период грандиозной исследовательской работы, период борьбы различных течений, чтобы позади были те критические годы, когда в современной физике боролись различные направления; нужно было, чтобы были проделаны новые многочисленные эксперименты. Мы прекрасно знаем, что ни один закон естествознания не рождается сразу, он создается и развивается постепенно, в результате громадной коллективной работы многих поколений.

Уже несколько тысяч лет идет борьба различных представлений об окружающем нас мире.

Эта борьба велась в древней Индии, где одни философы представляли себе, что в основе мира лежит единое вещество, другие же считали, что мир составлен из множества веществ, сочетание которых и рождает все многообразие окружающей нас природы.

Мы знаем, как постепенно развивалась мысль древнегреческих философов: так, Гераклит говорил о постоянном переходе вещества из одного состояния в другое, о вечном течении всей окружающей единой материи, а Демокрит рисовал картину мира, состоящего из атомов. Для Аристотеля весь мир состоял из четырех элементов: воды, земли, воздуха и огня; каждый элемент был наделен определенными качествами; от сочетания этих элементов (качеств) получался окружающий мир.

В то время как философская мысль пыталась найти новые представления об окружающем мире, из обыденных потребностей жизни, хозяйства и культуры рождалась практическая химия. Уже древним египтянам были известны семь металлов и два металлоида—углерод и сера. Рим, который создавал свою великую империю в борьбе с Карфагеном и Галлией, знал металлы, за которые он боролся; они лежали в основе его хозяйственного строительства.

Таким образом, мы видим, как одновременно с философскими учениями, которые были затем заимствованы и развиты арабами, постепенно накапливались точные факты и данные.

В этих поисках философского камня, в попытках искусственно создать золото и рождались алхимические идеи. Все же число известных элементов изменялось медленно, и почти до самого XVIII века лишь 13—15 веществ считались основными, неразложимыми началами природы.

Но вот наступили критические годы конца XVIII века. Шведское горное дело, связанное с металлургией, привлекло внимание к отдельным рудам. Шведы, разлагая руды, которые они добывали и плавили, получали различные вещества и выяснили, что список элементов значительно больше тех 13—15, из которых, как ранее полагали, построена вся природа.

У Лавуазье и у Дальтона появляются первые точные доказательства существования отдельных химических элементов. Число элементов растет быстро, и самая идея о единстве природы подвергается сомнению. Возникает борьба между унитарным философским мировоззрением и теми незримыми атомами, которые в количестве 40 различных сортов признаются в начале XIX века и число которых ко времени Менделеева достигает уже 60.

Такое обилие первичных веществ идет вразрез с признанным ранее философским мировоззрением, которое становится уже устарелым и взамен которого появляются новые теории. В это же время один смелый человек пытается резко восстать и против новой школы, которая победила в науке,—против Лавуазье и Дальтона. Это молодой врач Проут, который в 1815 году выпустил анонимно небольшую книжку, где пытался доказать, что теория полной самостоятельности и взаимной непревращаемости элементов неверна, что все вещества едины, что все они построены из одного вещества, а именно—из водорода.

Он утверждал, что атомные веса элементов, которые не выражаются целыми числами, неверны.

Хотя попытка Проута и была встречена недоверием, все же она послужила стимулом в дальнейшем к огромной экс-

периментальной работе. Действительно, если прав Проут, то всякий атом состоит из целого числа атомов водорода и все атомные веса должны быть целыми числами, если принять вес водорода за единицу. Надо было проверить точность атомных весов известных к тому времени элементов. Начались упорные экспериментальные изыскания.

Очень скоро с полной достоверностью было доказано, что Проут неправ, что значения атомных весов элементов никак нельзя свести к целым кратным весам водорода и что, следовательно, представление о первичной водородной материи, из которой слагается весь мир, ошибочно, что окружающая природа состоит из многих, не зависящих друг от друга, ничего общего между собой не имеющих, самостоятельных веществ.

Но все же пытливая мысль ученых не могла мириться с представлением о таком значительном многообразии, несмотря на то, что число известных самостоятельных веществ продолжало расти с 30 оно достигло уже 70.

Постепенно в разных странах появляются попытки сопоставить отдельные химические элементы и чем-то объединить их.

Сначала Деберейнер устанавливает закон триад, который гласит, что есть элементы, которые похожи друг на друга и свойства которых находятся в зависимости друг от друга, например, железо, кобальт и никель. Сходство между ними настолько велико, что свойство среднего из них можно вывести, зная свойства крайних. Это было уже большим достижением. Оно показало, что есть какая-то закономерность, которая не была обнаружена старыми представлениями.

После этого чисто математически-геометрически подошел к вопросу французский химик Шанкуртуа. Он попытался расположить все элементы по винтовой линии, — по винтовой насечке цилиндрической поверхности. И он, действительно, подметил какую-то, правда еще не совсем ясную, закономерность, которая показывала, что каждый элемент не так самостоятелен, как это казалось раньше.

Затем выступил еще один крупный химик, англичанин Ньюлендс, который показал, что элементы располагаются восьмерками, что каждая восьмерка имеет вполне закономерное строение и что следующая восьмерка напоминает предыдущую.

Подобных попыток в истории химии было около 50.

Таким образом постепенно подготовлялось то, что создал Менделеев, но непосредственный толчок Менделееву дал первый международный съезд химиков, который состоялся в 1860 году в Карлсруэ. Менделеев присутствовал на этом съезде.

Он пишет о том огромном влиянии, которое оказали на него дебаты между химиками, среди которых выделялся мо-

лодой итальянский ученый Канниццаро, отстаивавший правильность идей Авогадро.

Менделеев, возвратившись со съезда, подчеркнул, что съезд этот заставил его вновь продумать то, о чем он мечтал в студенческие годы.

Однако проходят еще 9 лет со времени съезда, и только в марте 1869 года Менделеев решается напечатать свой первый опыт по созданию системы элементов. Он рассылает этот материал виднейшим химикам.

К сожалению, простуда мешает Менделееву присутствовать на первом заседании Физико-химического общества, и здесь от его имени докладывают лишь маленькую заметку, которая за отсутствием автора даже не подвергается обсуждению.

Итак, в марте 1869 года родился закон. Закон этот был выражен тогда довольно просто:

> свойства простых тел (элементов), а также формы и свойства соединений их находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов.

В сущности этим была установлена связь между отдельными элементами природы и был сделан глубочайший вывод, который, в значительной степени подтверждая идею Проута, шел вразрез со всей химией того времени. Этот вывод по своему потенциальному значению был несравненно глубже той формы, в которой он первоначально был высказан Менделеевым. Из него вытекли такие новые представления, которые испугали даже самого Менделеева.

С 1870 года и начинается та внутренняя коллизия в уме Менделеева, которая продолжалась до последних лет его жизни, пока постепенно он сам не пришел к признанию того, о чем давно говорило его предчувствие: к признанию, что простая форма, в которой он первоначально дал закон, является недостаточной и что смысл закона более глубок.

Эта коллизия заставила его восстать против целого ряда выводов (а их очень скоро начали делать из его закона другие химики) и необычайно осложнила всю его работу.

Она сыграла все же и положительную роль. Менделеев требовал необычайной точности в исследовательских работах.

Он опасался, что попытки сделать выводы более глубокие, чем те факты, на которые они могли бы опираться, будут способствовать провалу закона. Поэтому он призывал химиков к тщательным экспериментальным работам и возражал против того, чтобы связывать периодический закон с законами строения вещества. Он писал, что периодический закон создался независимо от тех или иных представлений о природе вещества и не связан с понятием единства материи[1].

---

[1] См. примечание 4.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ЗАКОНА

Что же произошло после исторического дня 1869 года и что происходило с законом в течение последующих 75 лет? Как всякий великий закон, он обладал необычайной способностью к эволюции. Новые факты и новые течения научной мысли не только не опровергали его, но каждый раз вносили что-то новое в его понимание. Он постепенно рос по мере развития химической и физической науки и всего нашего научного мировоззрения. То стихийное, что явилось основой создания этого закона, постепенно вылилось в новые конкретные формы наших современных представлений.

Попытаемся проанализировать, как изменилось внутреннее содержание этого закона.

Менделеев при построении своего закона исходил из атомных весов, придерживаясь ньютоновских представлений, об основном значении понятия о массе.

Он разместил элементы в таблицу, в которой горизонтальные ряды элементов, расположенные в порядке возрастания атомного веса, в вертикальном направлении подразделились на восемь групп. Пересечение рядов и групп системы образовало клетки, из которых каждая заполнялась каким-либо одним элементом. Каждый химический элемент получил свое собственное место.

Таким образом первым понятием был атомный вес, а вторым—место. Если мы знаем место, где расположено железо, то знаем его соотношение с теми элементами, которые его окружают. Но что такое это место, чем определяется сущность этой клеточки, Менделеев сказать не мог.

На пороге нового столетия английский физик Томсон и его ученики попытались углубить наше представление о веществе. Исходя из простой аналогии между последними мельчайшими частицами микрососмома и телами, из которых составлен окружающий нас макроскопический мир (звезды, планеты и солнце), они положили планетарную систему в основу представления об атоме.

Они выдвинули предположение, что атом состоит из маленького ядра, вокруг которого вращаются, как планеты, отдельные электроны, заряженные отрицательно. Это была та формула, которую они приняли и которая вскоре была раскрыта и математически обработана Резерфордом в Англии (1912 год) и Бором в Дании.

Можно было даже математически проанализировать равновесие, которое возникает, если в какой-нибудь точке имеется заряд положительный, а вокруг находятся отрицательные заряды, компенсирующие этот внутренний заряд и уравновешивающие всю систему. Клетка периодической системы оказалась не чем иным, как местом, которому отвечает определенное электронное строение.

В 1916 году молодой физик Мозли, англичанин, который погиб в первой мировой войне, так и не закончив своей работы, пытался дать объяснение порядковому номеру химического элемента.

Ему пришла в голову простая мысль, что в основе периодической системы элементов лежит не повышение атомного веса, как полагал Менделеев, а увеличение заряда атомного ядра, который должен выражаться целым числом, умноженным на абсолютное значение заряда электрона. Это целое число и есть порядковый номер элемента в периодической системе.

В сущности между первой схемой Менделеева и современным представлением лежит уже целая пропасть. От атомных весов мы перешли сначала к порядковым номерам клеток периодической таблицы, затем к строению электронных оболочек атомов, а потом оказалось, что строение это определяется зарядом ядра и особыми квантовыми законами[1].

Если в течение последних десятилетий так необычайно углублялось представление о веществе, то совершенно понятно, что должно было меняться не только внутреннее содержание Менделеевской таблицы, но и внешняя ее форма.

Классическая форма закона была дана Менделеевым. Сначала он расположил элементы в определенном порядке, а затем — в форме таблицы с рядами в горизональном и груп-

---

[1] См. примечание 5.

пами — в вертикальном направлении, т. е. в той форме, в которой таблица обычно изображается и до сих пор.

Представим себе обычную таблицу на плоскости. По существу такая таблица до известной степени условна, потому что, например, аргоном кончается один ряд, а при ином написании им же начинается следующий. Это значит, что правильнее было бы таблицу наклеить на цилиндр, чтобы каждый ряд без перерыва продолжался следующим.

Но и это решение оказалось недостаточным. Стали развертывать таблицу на два цилиндра, на конус, в виде спирали на плоскости.

Любопытно отметить, что за истекшие 75 лет было сделано примерно восемьдесят попыток видоизменить различным образом таблицу Д. И. Менделеева и представить более наглядно те соотношения, которые в ней имеются.

Но в сущности ни одна из этих новых форм периодического закона не отвечает вполне нашим представлениям и, как мы укажем ниже, имеет тот или иной недостаток.

Это понятно, ибо сама менделеевская система отражает так много различных вопросов, разрешает такие глубокие проблемы естествознания, что для одних целей более удобен один вид таблицы, а для других — другой. Применительно к физическим представлениям удобна, например, длинная развернутая таблица, а для химиков, которые преподают в школе, более удобна сдвоенная таблица, где ряды разделены. Но все это — различные внешние формы для одного и того же многообразного внутреннего содержания, и принципиально нового в них ничего нет.

В таблице Менделеева, как во всяком ряду чисел, очень важно разобраться, где начало и где конец этого ряда, и установить, нет ли продолжения этого ряда чисел от начала налево или от конца направо.

Возьмем начало таблицы. Оно в значительной мере определяется тем, что заряд первого элемента — водорода — равен единице. Заряд следующего элемента—2, затем 3, 4 и т. д.

Какой заряд может быть меньше единицы? Нулевой. Идея, что существует частица с внутренним нулевым зарядом ядра, была впервые высказана Резерфордом 30 лет назад. Частица эта должна обладать необычайными свойствами: она будет легко проникать в атомные ядра, ибо ей — не несущей заряда — не будут мешать электронные оболочки атомов, а само ядро не будет ее отталкивать.

Открытие нейтрона оправдало это предположение Резерфорда. Когда был открыт нейтрон, исследователи убедились, что это именно и есть нулевая частица. Но нейтрон — не

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ

ОБОЗНАЧЕНИЯ

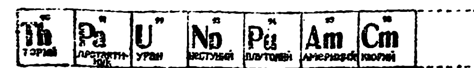
Порядковый номер: 26 — Символ: Fe — Название: ЖЕЛЕЗО — Атомный вес: 55,85

Периоды	I	II	III	IV	V	VI	VII	0	VIII		
1	(H)						1 H ВОДОРОД 1.008	2 He ГЕЛИЙ 4.003			
2	3 Li ЛИТИЙ 6.940	4 Be БЕРИЛЛИЙ 9.02	5 B БОР 10.82	6 C УГЛЕРОД 12.00	7 N АЗОТ 14.008	8 O КИСЛОРОД 16.0000	9 F ФТОР 19.00	10 Ne НЕОН 20.183			
3	11 Na НАТРИЙ 22.997	12 Mg МАГНИЙ 24.32	13 Al АЛЮМИНИЙ 26.97	14 Si КРЕМНИЙ 28.06	15 P ФОСФОР 30.98	16 S СЕРА 32.06	17 Cl ХЛОР 35.457	18 Ar АРГОН 39.944			
4	19 K КАЛИЙ 39.096	20 Ca КАЛЬЦИЙ 40.08	21 Sc СКАНДИЙ 45.10	22 Ti ТИТАН 47.90	23 V ВАНАДИЙ 50.95	24 Cr ХРОМ 52.01	25 Mn МАРГАНЕЦ 54.93		26 Fe ЖЕЛЕЗО 55.85	27 Co КОБАЛЬТ 58.94	28 Ni НИКЕЛЬ 58.69
	29 Cu МЕДЬ 63.57	30 Zn ЦИНК 65.38	31 Ga ГАЛЛИЙ 69.72	32 Ge ГЕРМАНИЙ 72.60	33 As МЫШЬЯК 74.91	34 Se СЕЛЕН 78.96	35 Br БРОМ 79.916	36 Kr КРИПТОН 83.7			
5	37 Rb РУБИДИЙ 85.48	38 Sr СТРОНЦИЙ 87.63	39 Y ИТТРИЙ 88.92	40 Zr ЦИРКОНИЙ 91.22	41 Nb НИОБИЙ 92.91	42 Mo МОЛИБДЕН 95.95	43		44 Ru РУТЕНИЙ 101.7	45 Rh РОДИЙ 102.91	46 Pd ПАЛЛАДИЙ 106.7
	47 Ag СЕРЕБРО 107.880	48 Cd КАДМИЙ 112.41	49 In ИНДИЙ 114.76	50 Sn ОЛОВО 118.70	51 Sb СУРЬМА 121.76	52 Te ТЕЛЛУР 127.61	53 J ИОД 126.92	54 Xe КСЕНОН 131.3			
6	55 Cs ЦЕЗИЙ 132.91	56 Ba БАРИЙ 137.36	57 La ЛАНТАН 138.92	72 Hf ГАФНИЙ 178.6	73 Ta ТАНТАЛ 180.88	74 W ВОЛЬФРАМ 183.92	75 Re РЕНИЙ 186.31		76 Os ОСМИЙ 190.2	77 Ir ИРИДИЙ 193.1	78 Pt ПЛАТИНА 195.23
	79 Au ЗОЛОТО 197.2	80 Hg РТУТЬ 200.61	81 Tl ТАЛЛИЙ 204.39	82 Pb СВИНЕЦ 207.21	83 Bi ВИСМУТ 209.00	84 Po ПОЛОНИЙ 210	85	86 Rn РАДОН 222			
7	87	88 Ra РАДИЙ 226.05	89 Ac АКТИНИЙ 227	(Th)	(Pa)	(U)					

ЛАНТАНИДЫ



АКТИНИДЫ



Современная периодическая система элементов

самостоятельный элемент, а часть элемента, и поэтому было неправильным включать его в менделеевскую систему.

Таким образом таблица начинается с водорода. Гораздо сложнее вопрос о конце таблицы.

Впервые элементы с атомами, более сложными, чем у урана, так называемые транс-ураны, были обнаружены итальянским физиком Ферми. Однако очень скоро выяснилось, что искусственно полученные транс-ураны довольно быстро распадаются. Их отсутствие в природе (минералах и горных породах) доказывает, что в природе ряд элементов заканчивается 92-м элементом — ураном. Это упрощает наше представление о периодической системе естественных элементов.

В таблице есть свободные клетки с порядковыми номерами 61, 85 и 87. Значит, существуют три элемента, которые до сих пор в природе еще не найдены, хотя на их розыски и были потрачены громадные усилия. Американцы, англичане, чехи и другие уже заявляли об открытии указанных элементов, но это оказывалось неверным. До сих пор названия, которые им даются (виргиний, алабаний), не обоснованы. Мы знаем в природе всего 89, а не 92 химических элемента. Но искусственно уже удалось получить 85-й и 87-й элементы. В 1940 году появилась швейцарская работа, которая как будто указывает на открытие элемента 85 — продукта разрушения актиния.

Можно сказать, что в настоящее время Менделеевская таблица известна вся, за исключением трех элементов. Основные клетки заполнены 89 элементами, неизвестны только номера 61, 85 и 87 [1].

---

[1] См. примечание 6.

ГЛУБИНА ЗАКОНА

Так обстоит дело с внешней стороной Менделеевской таблицы. Теперь рассмотрим ее внутреннее содержание. Во времена Менделеева самое понятие о клетке было простое: считалось, что в каждой клетке имеется один элемент. Это было ясно в течение почти 40 лет. Сейчас понятие о клетке настолько усложнилось, что даже нельзя предвидеть, как изменится оно в дальнейшем.

Прежде всего оказалось, что каждая клетка занята не одним типом атомов. Например, есть много разных типов олова. Если в таблице написан атомный вес 118,8, то это некоторая средняя величина атомных весов разных типов олова — разновидностей с различными свойствами.

Атомные веса этих разновидностей, называемых изотопами, различны и отличаются от среднего атомного веса олова[1]. Имеются изотопы с весами, например, 116, 118, 120 и т. д. Предполагают, что в клетке, принадлежащей одному элементу — олову, располагаются 11 типов. Только благодаря тому, что они смешаны в определенном постоянном количественном соотношении, свойства обычного олова всегда одинаковы. Значит, клетка, соответствующая одному какому-либо элементу, в то же время соответствует атомам с разными весами (изотопам) или, как говорят, разным „сортам" атомов одного и того же элемента.

Когда стали допытываться, действительно ли природная смесь изотопа данного элемента всегда одинакова, стали

[1] См. примечание 7.

изучать хлор из метеоритов, из горных пород Центральной Африки, из солей моря. Долгое время получали положительный ответ, но по мере уточнения физических методов разделения изотопов оказалось, что это не совсем так; относительное содержание изотопов в природной смеси изменчиво. Оказалось, например, что в снеге состав (изотопный) кислорода и водорода не совсем тот, что в воде.

На большой электрической установке можно получить водород с атомным весом не единица, а два. Это тяжелый водород с совершенно иными химическими свойствами.

Для разделения изотопов теперь применяются особые методы.

На специальных заводах в громадных трубках (длиною 12 м) прогоняют различные газы и получают различные пеоны и т. д.

Естественных изотопов обнаружено уже 300. Искусственно удалось получить еще 400.

Как сильно усложнилась картина! Эти 700 изотопов располагаются закономерно в 92 клетках. Одни из изотопов устойчивы, другие неустойчивы и существуют разное количество времени. Иначе говоря, понятие о клетках так осложнилось, что в него вошли совершенно новые представления о сложности состава элемента и об изменчивости его во времени.

В Менделеевской таблице по вертикали, горизонтали и диагонали свойства элементов изменяются по определенным законам, выраженным математическими величинами.

Связывая между собой эти законы, можно выделить в системе отдельные блоки, отдельные поля, элементы которых характеризуются определенными свойствами. Свойства каждого химического элемента оказываются при этом в первую очередь в зависимости от свойств всех окружающих элементов: от соседей по горизонтали и по вертикали, а также от соседей по одной диагонали. Получались так называемые звезды. Эти звезды в Менделеевской таблице служат ведущим направлением для выявления самых глубоких законов — не только законов химии, не только законов технологии, но и законов изоморфизма, т. е. законов распределения и распространения этих атомов в кристаллах минералов.

Такова основная картина современных представлений о менделеевской системе. Попытаемся теперь подойти ко второй части анализа и посмотреть, какие возникают новые проблемы, связанные с этой таблицей, каково влияние этой таблицы на всю науку в целом, как проникает она в различные области нашего научного миросозерцания и как из нее рождаются новые выводы громадного теоретического и практического значения.

ВРЕМЯ И МЕРА

Выше, характеризуя сложность отдельных положений в понимании Менделеевской таблицы, мы уже вскользь указывали, что одна координата по новому начинает входить в наши химические представления, а именно—время. Раньше для химика понятие о времени в применении к элементам, представление о какой-то долговечности, продолжительности существования того или иного элемента являлось очень загадочным. Если же взять современные химические и химико-физические справочники, то мы найдем там целый ряд цифр, которые раньше были бы совершенно непонятны. Мы знаем, например, что отдельные элементы существуют миллиард лет, 6 месяцев, 10 минут, 41 секунду, 1/8 секунды и т. д.

Ранее мы рассматривали таблицу элементов вне законов времени, теперь же должны постигнуть ее новый смысл в конкретных условиях пространства и времени. Сейчас мы все более и более убеждаемся, что в том и в другом разрезах мы должны ожидать очень значительных изменений в понимании системы.[1]

Прежде всего о времени, которое начинает сейчас измеряться физиками с необычайной точностью. Правда, не непосредственно, а при помощи тех или иных математических выкладок время все же измеряется с точностью до 10^{-11} секунд. Это – наименьшая величина из встреченных на практике величин, важная для понимания Менделеевской таб-

[1] См. примечание 8.

лицы, так как она представляет собою среднюю продолжительность существования некоторых атомов. Наивысшая величина 5.10^{17}. Это число, которое нам трудно даже выразить в обычно принятой терминологии.

Все это значит, что Менделеевская таблица меняется во времени; ее клетки, отвечающие определенным смесям изотопов, меняют свою характеристику, так как некоторые из изотопов отмирают, а другие нарождаются.

Крупное открытие, сделанное в Радиевом институте Академии наук СССР в Ленинграде, показало, что атомы элементов последнего ряда таблицы не только распадаются, постепенно выбрасывая из себя мелкие осколки, но и раскалываются почти пополам на крупные части. Повидимому, это является одним из свойств всякой материи.

Пределы нашему познанию природы ставятся не умозрительными и полумистическими представлениями, а точностью современных методов нашей работы.

Эта мысль становится еще более ясной, когда мы подходим ко второй величине, которая определяет глубину понимания Менделеевской таблицы,—к точности нашего анализа. От точности зависит правильное разрешение нашей задачи.

На точных аналитических весах, с которыми химики обычно работают в лаборатории, мы взвешиваем десятые доли миллиграмма; если же перевести на язык Менделеевской таблицы, то мы взвешиваем 10^{18} атомов, т. е. мы работаем с такими количествами, где миллионы атомов еще слишком небольшая величина и не отмечаются весами.

Правда, аналитические весы — не последний предел точности. Так, точность электромагнитных весов 5.10^{13}, т. е. в 10 тысяч раз больше точности обыкновенных аналитических весов.

Но и это далеко не все. Мы имеем еще аренгафтовский метод взвешивания, который дает точность 10^7, т. е. при этом взвешиваются десятки миллионов молекул. Отклонение же в миллион молекул не будет чувствоваться даже при этом, самом точном из существующих методов.

Характер процесса, например, самопроизвольного распада атома урана, таков, что каждый час распадается одна частица из 10 миллионов частиц. Но этого еще мало. Мы можем подходить не только количественно, но и качественно. Может быть, мы качественно лучше работаем; на помощь приходит также и физика со своими замечательными методами.

Примерно от 10^{16} до 10^{21} молекул определяются в пробирке в химической лаборатории. Затем идет целый ряд методов, например, метод паяльной трубки, метод получения перлов буры.

Это значительно более точный метод,—почти в миллион раз точнее, чем метод пробирки.

Окрашивание пламени, когда соль вносится в пламя, является еще более точным методом (раз в сто).

Тонкие органические реактивы помогают еще раз в 10 уточнить эти величины (например, реакция с морином, вызывающая флюоресценцию). Но всего этого еще очень мало. У человека имеется ощущение, которое точнее этих величин, например, ощущение запаха. То количество частиц, которые определяются запахом, примерно в 10 миллиардов раз точнее, чем при определении химическим анализом в пробирке. Минимальное количество молекул, определяемых запахом, составляет около 20 миллиардов.

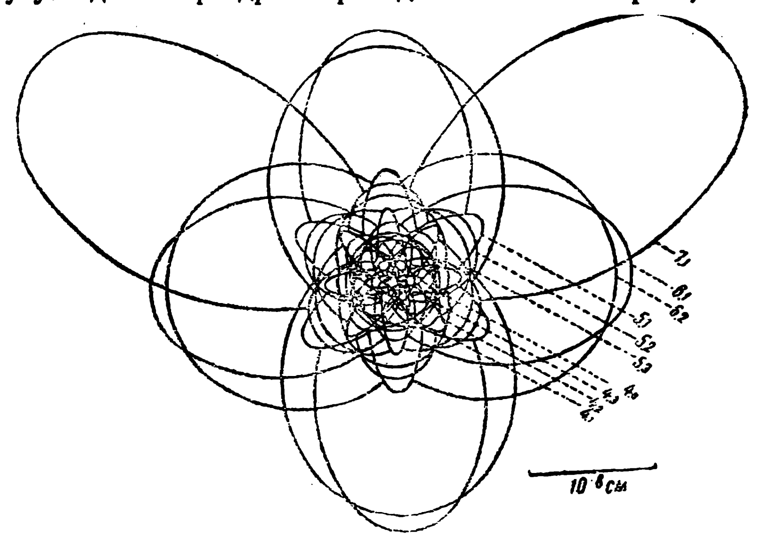
В последнее время в связи с изучением питьевой воды Москвы-реки много внимания уделялось запахам. Искали разные методы, чтобы объективно решить эту задачу, и все же обоняние оказалось самым чувствительным средством для разрешения этого вопроса.

Конечно, есть еще более тонкие методы, например, некоторые специфические методы спектрального анализа. Их чувствительность в тысячу раз больше. Еще точнее метод флюоресценции в ультрафиолетовых лучах.

Таким образом человек сделал громадные успехи. В интервале от единицы до единицы с 21 нулем он нащупал различные методы. В связи с этим свойства вещества стали изучаться с такой точностью, о которой нельзя было и думать во времена Менделеева.

ДВА МИРА

Что же постепенно стало все резче и резче намечаться в понимании элементов природы? Мы узнали, что частицы, из которых состоит каждый атом, связаны гораздо более сложными зависимостями, чем это считалось раньше. Прежде предполагали, что ядро атома с громадным количеством заключенной в нем энергии и вращающиеся вокруг него электроны, отрыв которых требует нескольких вольт, это два различных мира. Физики долго считали, что эти два мира чужды друг другу. Один—мир ядра с громадным запасом энергии, с его



Строение атома радия по Бору (схема). Цифры справа означают различные орбиты электронов. Внизу указан размер атома

неразрушимостью и второй мир — подвижные наружные электроны, которые так легко теряются, когда атом переходит в состояние катиона.

Свойства природы атома делили на две группы. Одни зависели только от ядра, а другие от поверхности атома. Весь мир стал раскладываться как будто на две отдельные части. Какие-то отдельные области мироздания должны были подчиниться закону, а тот мир, в котором мы живем, где наружные электроны определяют всю красоту окружающей нас природы, все разнообразие, — этот мир как будто является совершенно чуждым первому.

Однако эти два столь резко различных мира начинают сейчас связываться между собой целым рядом законов. Прав был Резерфорд, когда говорил в одной из своих речей, что величайшее открытие будет сделано не тогда, когда откроют закон строения атомного ядра, а когда придет новый Менделеев, который даст единый закон построения всего атома в целом.

Попытаемся несколько углубить наши представления и нарисовать отдельные картины этого менделеевского мира.

Начнем с высоких температур, с областей, чуждых нашей земной коре, — с центральной части космического тела. Температура достигает 40—50 миллионов градусов. Атом не подчинен Менделеевскому закону, — он находится в диссоциированном состоянии. Только отдельные электроны сохранились вокруг ядра. Какие-то другие физические законы управляют их распределением.

Начинается охлаждение, температура падает до миллиона градусов. Появляются первые электроны вокруг ядра атома. Но все еще закон ядра управляет миром.

Температура падает до 7—8 тысяч градусов. Ионы — свободные заряженные частицы — уже „одеты" большим, но еще не полным количеством электронов. Они определяют сущность мира. Появляются первые химические реакции, простые окислы, например окись титана, окись алюминия, окись углерода. Это вещества с простыми формулами, как бы чуждые сложному миру химических соединений, среди которого мы живем. Это начало действия Менделеевского закона.

Наконец, возьмем нашу земную поверхность. Это та область, для которой характерны сложные соединения, где электроны нейтрализуют ядра, где равновесие системы изменяется в зависимости от ничтожных колебаний внешних факторов. Создается мир окружающей нас природы. Создаются устойчивые и новые формы равновесия, подчиненные закону Менделеева.

НОВЫЕ ПУТИ НАУКИ

Все сложные системы, реакции, наши жизненные процессы, — все это определяется теми законами, которыми управляет менделеевская система.

Правильно назвали весь мир, в котором мы живем и творим, миром Менделеева. В мире этом два больших вопроса привлекают сейчас наше внимание. Первый — это вопрос о том, что нового вносит менделеевская система в глубокое понимание того вещества, на котором мы строим наш мир? Во-вторых, что нового вносит она в понимание самой жизни?

Первый вопрос — вопрос о влиянии менделеевской системы на практическое понимание мира. Борьба за это понимание началась задолго до открытия таблицы, еще в самой глубокой древности, еще когда Плиний рассказывал о борьбе Рима за те или иные полезные ископаемые.

В далекие времена постепенно наметился ряд закономерностей, которые говорят о том, как отдельные атомы сочетаются, „любят" друг друга, о том, как золото встречается вместе с серебром, как другие металлы „враждуют" между собой, как серебро „не любит" цинка и т. п.

Это говорит о тех закономерностях, которые выявляются сейчас из Менделеевской таблицы. Постепенно, шаг за шагом, шла эта борьба за вещество, начиная с середины XVIII века, когда в Швеции начали создавать горную промышленность. В XIX веке, с ростом капитализма, с развитием отдельных отраслей промышленности борьба за вещество, конкуренция за металл сделались элементом жизни, политики и борьбы отдельных стран.

Чем шире развивается поисково-разведывательная деятельность, чем глубже проникает человек буровыми скважинами в недра земли, тем сильнее Менделеевская таблица начинает руководить его поисками, открывая то, чего можно ожидать под покровом лесов, тундр и т. п.

Геохимические законы распределения вещества, законы, по которым в одних местах накапливаются громадные количества железа, а в других отмечается недостаток его, например, законы, по которым имеются области накопления золота, а в других местах оно отсутствует, являются законами, вытекающими из Менделеевской таблицы.

Менделеевская таблица, подчиняя себе не только законы соотношения элементов между собой, но и соотношения во времени и пространстве, определяет собой насущные проблемы современной поисковой геологической деятельности.

Следующий вопрос — о применении закона Менделеева в биологическом и физиологическом процессах. Все глубже и глубже проникает менделеевская система в наши новые представления о живом веществе. За последние годы происходит полная революция всех старых представлений. Биология и физиология в искусственном радиоактивном атоме приобрели новый метод для решения глубочайших задач. Получая радиоактивные атомы иода и брома и внедряя их в тот или иной организм, вы можете потом (уже через 5—10 минут) определить, где эти атомы будут накапливаться, куда поступает иод и как он будет распространяться затем по всему организму.

Для этого требуется получить искусственный радиоактивный элемент, что достигается путем применения новейших методов.[1]

В области биологии мы стоим на границе новых интереснейших методов и медицинских знаний, которые постепенно приведут к разрешению очень серьезных вопросов.

Все больше и больше выясняется сейчас состав живого вещества, и связанные с ним глубокие закономерности подчиняются законам Менделеевской таблицы.

Самые устойчивые вещества идут на построение скелетной части, наиболее подвижные лежат в основе самой живой клетки. Самая деятельность человека, его блестящие новые идеи в науке и технике начинают все более и более углубленно познаваться на фоне анализа Менделеевской таблицы.

Следующий замечательный случай произвел революцию в области холодильного дела, где давно пытались найти систему, которая позволила бы построить холодильное дело

---

[1] См. примечание 9.

не на аммиаке, а на другом веществе. Анализ менделеевской системы позволил американской технике подойти к разрешению этой проблемы. Простой анализ фтористых соединений указал на четырехфтористые соединения углерода, которые оказались наиболее подходящими для этой цели.

Новая холодильная техника в Америке строится на основе четырехфтористого углерода.

Новые работы металлургов устанавливают законы связи отдельных металлов на основе Менделеевской таблицы.

Прав был один из величайших химиков, который первый понял глубокое значение Менделеевского закона еще 40 лет назад. Это известный английский химик Содди, который говорил, что Менделеевский закон будет всегда наиболее надежным компасом для решения самых сложных и разнообразных научных вопросов во всех областях знания.

ВЫВОДЫ

Мы подходим к выводам. Менделеевский закон — не частный закон природы, а один из общих законов, играющих особую роль. Как всякий крупный закон, он должен обладать двумя основными качествами: во-первых, способностью к развитию — эволюции, а во-вторых — известной приближенностью и постепенным уточнением своих формулировок благодаря охвату громадного количества фактов и явлений.

И вот, действительно, рассматривая сейчас закон в этом соотношении, мы не можем не отметить, что Менделеевская таблица пережила за эти годы громадные сдвиги, что самое представление о Менделеевском законе является сейчас совершенно новым и углубленным, является новой ступенью понимания окружающего нас мира. Целые новые миры еще раскрываются перед нами в грандиозных интервалах времени, возникают в условиях мощных магнитных полей. В этих новых мирах рождается та новая периодическая система, которая объединяет все, о чем здесь было сказано.

Мы живем в эпоху, когда смещаются вехи старых классических теорий. Опровергнуто представление о неизменности и неделимости атома и старое представление о независимости существования вещества и энергии. Новое мировоззрение развивается динамически. Диалектическая мысль сплетает воедино внешне спокойный безжизненный мир материи и вечно волнующееся движение элементарных частиц.

И в это время революционной ломки старых понятий, изменения всей картины звездного мира и глубины земли

только одна руководящая идея осталась на месте. Она осталась не только как надежный маяк человеческих стремлений, но она еще глубже стала освещать запутанные пути человеческой мысли. Это — закон Менделеева.

Казалось бы, он должен рушиться вместе с пересмотром классической химии и физики. Казалось бы, что и он не сможет уцелеть, когда изменилось представление о молекуле, когда понятие о валентности трактуется совершенно иначе, чем во времена Менделеева, и т. д. И все же Менделеевский закон не только уцелел, а превратился в могучий рычаг научной мысли. Из области химии его влияние распространяется на физику, агрономию, технологию и т. д. Законы астрофизики оказались связанными с периодическим законом Менделеева.

Почему это случилось? Почему он играл, играет и будет играть такую исключительно важную роль в истории науки? Ответ определенный: таблица Менделеева столь же проста, как то яблоко, которое упало к ногам Ньютона. Она представляет собой простой ряд природных фактов, правильно сопоставленных друг с другом в определенной пространственной, хронологической, энергетической и генетической связи. В ней нет ничего придуманного. Она — сама природа. Доступный нашему восприятию окружающий нас реальный мир веществ есть, в сущности, грандиозная таблица, развернутая по длинным периодам, разбитая на отдельные части.

Будут, конечно, появляться и умирать новые теории, блестящие учения физики и химии будут изменять устаревшие понятия, будут открываться новые широкие горизонты, но несомненно, что периодический закон Менделеева будет жить всегда.

Заканчивая, я хочу еще упомянуть о том, что по отношению к этому великому закону мы все же не сделали всего того, что должны были сделать.

Как говорил сам Менделеев, закон ждет последователей, ждет людей, которые будут его углублять.

Менделеев в своих работах призывал всех к дальнейшему развитию закона. На наше поколение возложено ответственное задание не только использовать это наследство, но расширять и дополнять его.

Менделеев определенно призывал к этой работе молодое поколение. В одном из введений к „Основам химии" он писал:

„Зная, как свободно и радостно живется в научной области, невольно желаешь, чтобы в нее вошли многие, и этому я подчиняю свое изложение. Поэтому невольно многие места моей книги полны желания, чтобы химическое

миросозерцание, которое я старался развивать у читателей, побудило их к дальнейшему изучению науки. Набор на службу науке молодого поколения пусть не страшит тех, которые понимают настоятельную необходимость родины в практической деятельности — в области сельского хозяйства, промышленности и заводского дела. Лишь тогда, когда узнаются истины сами по себе в своей абсолютной чистоте, они могут прилагаться к жизни".

Этот призыв к молодому поколению всегда звучал у Менделеева. К нему на лекции стекались студенты всех факультетов. Его слово подчиняло себе, и аудитория была полна. Студенты приходили послушать его, причем послушать не готовые схемы, а послушать, как думает, мыслит и творит великий учитель.[1]

Он наложил на нас определенное обязательство, и мы призываем все молодые силы итти по тому пути, который указывал нам великий Менделеев.

---

[1] См. примечание 10.

ПРИМЕЧАНИЯ

Примечание 1

На странице 13 академик Ферсман пишет, что „Менделеев при построении своего закона исходил из атомных весов, придерживаясь ньютоновских представлений об основном значении понятия о массе". В конце лекции Ферсман еще раз сравнивает открытие Менделеева с открытием Ньютона.

Действительно, между работами Менделеева и законом всемирного тяготения, установленным Ньютоном, существует глубокая внутренняя связь.

В конце 80-х годов Менделеев писал: „Мой ум давно ласкала мысль прямо приложить третий принцип бессмертного Ньютона (этот принцип гласит: силы, с которыми два тела действуют друг на друга, всегда равны и направлены в противоположные стороны) к пониманию механизма химических превращений". В другом месте он утверждал, что „между массою и химическими элементами необходимо должна быть связь..."

Открытие Леверрье, столетие которого отмечалось в 1946 году, было торжеством ньютоновского закона и непосредственно предшествовало поискам Менделеева закономерных отношений между свойствами элементов.

В тридцатых годах прошлого столетия астрономы обратили внимание на то, что самая далекая из известных тогда планет — Уран — обращается вокруг солнца, испытывая „возмущения" — несколько отклоняясь от той орбиты, которая была вычислена астрономами. Было предположено, что причиной возмущений Урана служит влияние еще неизвестной, восьмой планеты. Путем сложных математических расчетов Леверрье определил, где должно находиться небесное тело, которое оказывает влияние на движение Урана. Таким образом, если до этого времени астрономы вычисляли движение небесных тел, исходя из данных о массе и положении действующих на них других небесных тел, то Леверрье решил обратную задачу: по действию неизвестного тела он определил его положение в пространстве. Последовавшее затем открытие новой планеты — Нептуна — в том месте, где ее и предсказал Леверрье, произве-

ло огромное впечатление на современников. Энгельс сравнивает „научный подвиг" Менделеева, предсказавшего существование нескольких неизвестных химикам того времени элементов, с открытием Леверрье.

Сам же Менделеев указывал, что закон Ньютона, тысячекратно проверенный в приложении к крупным телам, еще никем не приложен к объяснению явлений, совершающихся в мире атомов.

Такую задачу поставил перед собой еще Ньютон, но в XVII веке понятие об атоме было еще слишком смутным, чтобы можно было всерьез заняться изучением атомных явлений. Никем не была решена эта задача и за последующие 200 лет, отделявшие Менделеева от Ньютона. Менделеев же в целом ряде работ, предшествующих открытию периодического закона, прослеживал зависимость между „частичными" — молекулярными весами и свойствами тел. С установлением таких зависимостей были связаны его работы по изучению сцепления тел, изменения удельного веса тел при нагревании и ряд других. Эти работы подготовили Менделеева к мысли о том, что между массою атомов (их атомным весом) и свойствами элементов должна существовать тесная зависимость. Подробнее о том, какую роль эта мысль сыграла в установлении периодического закона, будет сказано в примечании 3.

Товарищ Сталин в своей работе „Анархизм или социализм?" писал: „Менделеевская „периодическая система элементов" ясно показывает, какое большое значение в истории природы имеет возникновение качественных изменений из изменений количественных".

Таким образом открытие периодического закона связано не только с сознательным приложением Менделеевым к миру атомов закона всемирного тяготения, но и с бессознательным использованием им законов диалектического развития материи. Подробнее об этом смотри в примечаниях 4 и 5.

Примечание 2

„Основы химии", выдержавшие при жизни Менделеева восемь изданий и неоднократно выходившие после его смерти, сам Менделеев считал своим любимым детищем. „В них мой образ, мой опыт педагога, мои задушевные научные мысли. В „Основы химии" вложены мои духовные силы и мое наследие детям", писал он в 1905 году.

В письме к Менделееву известный английский химик Т. Торне говорил: „Ваша книга бесспорно является самым ценным вкладом в химическую литературу..." Голландский химик Розебум благодарил Менделеева за „драгоценный подарок". Бельгийский профессор Спринг утверждал, что напечатание „Основ химии" является „очень радостным событием для всех интересующихся успехами химии". Английский ученый Франкланд назвал „Основы химии" сокровищем своей библиотеки, а знаменитый Рамзай считал их „большой великой книгой".

Первый выпуск „Основ химии" вышел в 1869 году.

Особенности книги, обеспечившие ей небывалый успех, Менделеев отметил во „Вступлении": „В предлагаемом сочинении две цели. Первое: познакомить публику и учащихся с основными данными и выводами химии в общедоступном изложении, указать на значение этих выводов для понимания как природы вещества и явлений, вокруг нас совершающихся, так и тех применений, какие получила химия в сельском хозяйстве, технике и других прикладных знаниях". Второй целью было „изложить" вместе с выводами описание способов их добычи, ввести в одно систематическое целое возможно большее число данных, не вдаваясь, однако, в крайность полных сборников науки. Сопоставляя теорию с практикой, прошедшее науки с ее будущим... я стремился развить в читателе ту способность самостоятельного суждения о научных предметах, которая составляет единственный залог и правильного пользования выводами науки, и возможности содействовать ее дальнейшему развитию".

Таким образом, труд Менделеева был не обычным учебным пособием, а огромной, всеобъемлющей сводкой знаний, уже накопленных химией, руководством для самостоятельной научной работы и исследованием взаимоотношений химии с другими научными дисциплинами и практической деятельностью людей.

Первый выпуск „Основ химии" содержал и таблицу Менделеева в ее первоначальном виде. Именно открытие периодического закона дало Менделееву возможность успешно разрешить при построении курса химии все поставленные им задачи. Впервые отдельные химические сведения предстали перед учеными не как беспорядочное скопление данных о различных элементах и их соединениях, а как стройное целое. „Одно собрание фактов, даже и очень обширное, одно накопление их, даже и бескорыстное, — писал Менделеев в первом издании „Основ", — не дадут еще метода обладания наукою и они не дадут еще ни ручательства за дальнейшие успехи, ни даже права на имя науки в высшем смысле этого слова. Здание науки требует не только материала, но и плана..."

Уже в августе 1872 года вышел в свет I том второго издания „Основ химии". Последнее прижизненное издание этой книги вышло в 1906 году.

„Основы химии" Менделеева послужили образцом для создания многих современных учебников химии. Во всех курсах неорганической химии сохраняется основной принцип расположения материала по группам элементов, принятый Менделеевым. Объясняется это тем, что закон Менделеева и сделанное им на его основе разделение элементов по группам отражают глубочайшие закономерности, присущие химическим элементам.

„Основы химии" неоднократно переводились на иностранные языки.

Примечание 3

Кажущаяся простота открытия закона периодичности свойств элементов, на что обращает внимание в своей лекции академик Ферсман, не раз побуждала популяризаторов к поверхностному изложению истории открытия Менделеева. Используя для подготовки к лекции популярную литературу, необходимо иметь в виду это обстоятельство. По поводу всяких попыток изобразить историю науки, как собрание занимательных анекдотов об ученых, К. А. Тимирязев говорил, что „толпа любит разоблачать... процесс научного творчества, она думает, что может захватить героя врасплох, в самом процессе творчества и объяснить его какой-нибудь внешней, механической случайностью. Она любуется в Пизанском соборе паникадилом, открывшим Галилею основание закона механики; она пересказывает анекдот о яблоке, открывшем Ньютону закон тяготения; к этим легендарным паникадилам и яблокам современем, вероятно, присоединится еще какое-нибудь стойло, открывшее Дарвину закон естественного отбора".

Не менее резко высказался по этому поводу и замечательный историк науки академик А. Н. Крылов, писавший: „Надо помнить, что все геометрические понятия, начиная от площади круга, площади параболы, объема цилиндра, шара, шарового сегмента, учение о центре тяжести тел, о их равновесии — все это создано самим Архимедом; тогда лишь явится малое представление о необыкновенной мощи его гения и о нелепости повторяемой историками, с легких слов Плутарха, басни, что Архимед, сидя в ванне в общественных банях, нашел свой закон и, выскочив из ванны голый, побежал домой по улицам Сиракузакии с криком „Эврика, Эврика!" (Я нашел, я нашел!).

Конечно, при изложении истории открытия закона периодичности свойств элементов могут быть использованы и цитируемые академиком Ферсманом слова самого Менделеева. Живая картина того, в какой об-

становке было сделано гениальное менделеевское открытие, несомненно, привлечет внимание слушателей.

Однако, цитируя указанные строки из „Основ химии", следует помнить, что им предшествует следующее место: „Меня неоднократно спрашивали: „На основании чего, исходя из какой мысли,—найден был мною и упорно защищаем периодический закон? Приведу здесь свой посильный ответ... Посвятив свои силы изучению вещества, я вижу в нем два таких (постижимых опытом, „самобытных".—Ред.) признака или свойства: массу, занимающую пространство и проявляющуюся в притяжении, а яснее или реальнее всего в весе, и индивидуальность, выраженную в химических превращениях, а яснее всего формулированную в представлении о химических элементах. Когда думаешь о веществе, помимо всякого представления о материальных атомах, нельзя, для меня, избежать двух вопросов: сколько и какого дано вещества, чему и соответствует понятие—масса у химических элементов... Поэтому невольно зарождается мысль о том, что между массою и химическими элементами необходимо должна быть связь, а так как масса вещества, хотя и не абсолютная, а лишь относительная, выражается окончательно в виде атомов, то надо искать функционального соответствия между индивидуальными свойствами элементов и их атомными весами. Искать же чего-либо—хотя бы грибов или какую-либо зависимость — нельзя иначе, как смотря и пробуя. Вот я и стал подбирать, написав на отдельных карточках элементы с их атомными весами и коренными свойствами сходные элементы и близкие атомные веса..."

Таким образом, прежде чем использовать визитные карточки, Менделеев уже пришел к выводу о том, что между массой (атомным весом) атомов и их химическими свойствами должна существовать закономерная связь. К этому заключению его привели рассуждения о применимости к миру атомов закона всемирного тяготения, о чем уже шла речь в примечании 1. Однако и после того, как основная идея периодического закона уже созрела в уме Менделеева, обнаружить этот закон было делом очень трудным. Во-первых, как пишет академик Ферсман, „...для семи элементов атомные веса к тому времени были определены неверно, в несколько раз отличаясь от ныне принятых атомных весов; для других элементов атомные веса были просто неточны, и поэтому порядок в таблице опять нарушился". Так, например, атомный вес бериллия считался равным 13,5, то-есть в полтора раза большим, чем надо. На основании известного в то время атомного веса Менделеев должен бы был отнести бериллий к третьей группе элементов (трехвалентных), в то время как химические свойства бериллия сближали его с двухвалентными элементами. Еще больше разнился от истинного определенный химиками атомный вес урана. Чтобы поместить этот элемент в свою таблицу, Менделееву пришлось вдвое увеличить атомный вес урана. Только глубокая убежденность в истинности своего закона дала Менделееву возможность довести начатую работу до конца.

Второй и еще большей трудностью, вставшей на пути Менделеева, было то обстоятельство, что химикам было известно только около 60 элементов, в то время как мы их знаем около 90. Следовательно, размещая элементы в порядке возрастания их атомных весов, Менделеев должен был в ряде мест как бы раздвигать строй элементов, оставлять в своей таблице пустые места. Опять-таки при этом проявилась вся мощь гения Менделеева. Менделеев описал на основании своего закона химические и физические свойства нескольких элементов, которые еще никем, никогда не были обнаружены. „До периодического закона,—писал Менделеев,—простые тела представляли лишь отрывочные, случайные явления природы: не было поводов ждать каких-либо новых, а вновь находимые в своих свойствах были полной неожиданной новинкой. Периодическая закономерность первая дала возможность видеть

неоткрытые еще элементы в такой дали, до которой невооруженное химическое зрение до тех пор не достигало, и при этом новые элементы ранее их открытия рисовались с целою массою свойств".

Менделеев понимал, что, публикуя описание еще не открытых элементов (это описание было сделано им в статье, напечатанной в журнале Русского химического общества в 1871 году, ч. 3, вып II), он подвергает свой закон суровому испытанию. „Решаюсь это сделать ради того,— писал он, — чтобы хотя современем, когда будет открыто одно из этих предсказываемых тел, иметь возможность окончательно увериться самому и уверить других химиков в справедливости тех предложений, которые лежат в основании предлагаемой мною системы".

Менделеев пришел к заключению, что один из неизвестных элементов, названный им экабор, будет иметь атомный вес 44, это будет трехвалентный элемент; удельный вес его окиси будет равен 3,5.

Второй описанный Менделеевым элемент — экаалюминий — должен был, по его мнению, обладать атомным весом, близким к 68, очень низкой точкой плавления, удельным весом 6,0. Окись этого гипотетического элемента должна быть очень летуча, и поэтому весьма вероятно, что новый элемент откроют с помощью спектрального анализа.

Третий элемент—экасилиций, утверждал Менделеев, окажется элементом с атомным весом 72, удельным весом 5,5, и его хлористое соединение будет кипеть при температуре ниже ста градусов.

В течение менее двадцати лет были открыты все три элемента, описанные Менделеевым. При этом обнаружилось, что их свойства, определенные опытным путем, очень точно совпадают с предсказанными Менделеевым.

Первым (в 1875 году) был открыт во Франции Баубодраном экаалюминий, названный галлием. Удельный вес галлия был сначала неверно определен и исправлен по указаниям Менделеева. „Я думаю, — писал Баубодран,—нет необходимости настаивать на огромном значении подтверждения теоретических выводов Менделеева относительно плотности галлия".

В 1880 году Клеве и Нильсон обнаружили в Швеции экабор или скандий. По этому случаю Нильсон писал: „Не остается никакого сомнения, что в скандии открыт экабор... Так подтверждаются самым наглядным образом мысли русского химика, позволившие не только предвидеть существование названного простого тела, но и наперед указать его важнейшие свойства".

В 1886 году в Саксонии Винклер обнаружил новый элемент — германий, оказавшийся предсказанным Менделеевым экасилицием. Винклер также засвидетельствовал величие русского ученого: „Вряд ли может существовать более яркое доказательство, — писал он — справедливости учения о периодичности элементов, чем открытие до сих пор гипотетического экасилиция; оно составляет, конечно, более чем простое подтверждение смелой теории, — оно знаменует собою выдающееся расширение химического поля зрения, гигантский шаг в области познания".

Менделеев назвал Баубодрана, Нильсона и Винклера „укрепителями периодического закона". „Укрепление" этого закона имело огромное значение не только для химии, но и для всей науки в целом.

Менделеев усомнился в правильности экспериментов Баубодрана потому, что они противоречили теоретическим расчетам. Таким образом теоретическое предвидение стало критерием в оценке данных, полученных экспериментальным путем. Современная наука сплошь и рядом проверяет опыт теорией. И каждый случай решения спора между теорией и опытом в пользу теории — будь это открытие новой планеты (Леверрье) или установление удельного веса нового элемента, — укрепляет, внедряет в умы ученых всех специальностей, пропагандирует убедительней любых отвлеченных рассуждений мысль о том, что в основе всех явлений лежат общие, не знающие исключений законы природы.

Но чтобы сложилось такое научное мышление, кому-то надо было иметь смелость предсказать и существование новой планеты и существование новых элементов. Надо было, по словам Энгельса, совершить „научные подвиги", а не только накопить новые факты и разработать новые теории.

Примечание 4

Менделеев не раз указывал, что особенность его таблицы заключается в том, что он сопоставил, уловил связь всех элементов. Так, например, в 1871 году, Менделеев писал что „Атомные веса несходственных элементов никак не были сравниваемы между собой, а как раз на несходственных элементах и обнаруживается закономерная зависимость свойств от изменений атомного веса".

В статье же, опубликованной в „Известиях Немецкого химического общества" в том же 1871 году, где Менделеев разбирает системы элементов своих предшественников, он утверждает: „В сопоставлении н е с х о д н ы х элементов заключается, по-моему, основной признак, отличающий мою систему от системы моих предшественников.. За немногими исключениями я принял те же группы аналогичных элементов, что и мои предшественники, но поставил целью изучить закономерность во взаимоотношении групп. Тем самым я пришел к вышеупомянутому общему принципу, который приложим ко всем элементам и схватывает многие прежде высказанные аналогии, но допускает еще и такие следствия, которые ранее были невозможны".

Родство всех элементов, позволяющее сопоставлять их, приводило Менделеева к мысли о сложном строении атомов. С позиций учения о неизменности и неделимости атомов было невозможно объяснить закон периодического чередования свойств элементов.

Уже в первом издании „Основ химии" после изложения сущности периодического закона Менделеев указал, что „при всей видимой простоте дела ныне нет еще возможности утвердить какую-либо гипотезу, достаточно объясняющую этот закон периодичности Не вдаваясь в эту область, я только выставляю здесь законность, управляющую всей совокупностью сведений об элементах и ставящую их сравнительное изучение на почву точного обобщения, потому что исходным пунктом в этом случае служит несомненно наблюдаемая и подлежащая точному изучению величина, называемая атомным весом Легко предположить, но ныне пока нет возможности доказать, и может быть это вовсе даже неверно, и во всяком случае подлежит еще большему сомнению, что атомы простых тел суть сложные существа, образованные сложением некоторых еще меньших частей (ультиматов), что называемое нами неделимым (атом) — неделимо только обычными химическими силами, как частицы (Менделеев называл частицами молекулы.- Ред.) неделимы в обычных условиях физическими силами, однако, несмотря на шаткость и произвольность такого предположения, к нему невольно склоняется ум при знакомстве с химией. Оттого такое учение повторяется в разных формах уже давно, и выставленная мною периодическая зависимость между свойствами и весом, повидимому, подтверждает такое предчувствие, если можно так выразиться, столь свойственное химикам".

В 1815 году английский врач и химик В. Проут на основании сопоставления атомных весов элементов предположил, что все элементы образовались путем конденсации самого легкого из них — водорода. Из гипотезы Проута следовало, что атомные веса всех элементов, отнесенные к водороду, должны выражаться целыми числами, потому что при образовании сложных элементов уплотняются два, три, пять и т. д. атомов водорода.

Опубликование работы Проута побудило многих химиков, в том числе Берцелиуса, Гернара и Стаса, заняться точным определением атом-

ных весов. Как известно, эти ученые пришли к заключению, что атомные веса, как правило, не выражаются целыми числами, и потому гипотеза Проута неверна. Особенно горячо выступал против нее Берцелиус. И со своей точки зрения он был совершенно прав. В 1826 году он определил, например, что атомный вес магния равен 25,3, а в 1929 году атомный вес магния был принят за 24,32, то-есть выражался также дробной величиной. Атомный вес хлора Берцелиус определил в 35,4, для меди Берцелиус нашел величину атомного веса в 63,3, а в 1929 году атомные веса хлора и меди считались равными 35,457 и 63,57. Однако в большинстве случаев величины атомных весов оказывались близкими к целым числам, хотя почти всегда и были дробными. Специальные расчеты показали, что такое „стремление“ атомных весов к целым числам не может быть случайным совпадением. Но, с другой стороны, не существовало и никакого рационального объяснения того, как могли бы получиться дробные величины при сложении целых чисел.

Наряду с горячими противниками у гипотезы Проута были и не менее горячие поклонники, вынужденные, однако, довольствоваться только самыми общими соображениями в ее пользу. Зачастую высказывания даже крупнейших экспериментаторов прошлого века по поводу природы атомов трудно назвать иначе, чем это сделал Менделеев, говоривший о „предчувствии“ ученых. Так, Гершель писал, что „атомы производят впечатление „изготовленных предметов“. Крукс в 1866 году в лекции, прочитанной в Бирмингаме в химической секции Британской ассоциации, высказал предположение, что „по всей вероятности, наши атомные веса представляют лишь средние величины, от которых действительные атомные веса атомов отклоняются в узких пределах“. В том же году Бутлеров писал: „...так называемые ныне „атомы“ некоторых элементов в сущности, быть может... не неделимы по своей природе“. А десятью годами раньше вместе с Бекетовым высказал мысль о том, что „наши атомные веса“ являются средними из целых атомных весов, как мы бы теперь сказали, изотопов. Такое же предположение сделал в 1865 году Кекуле.

Взгляды большинства ученых на гипотезу Проута достаточно ясны. Одни исследователи именовали ее „чистой иллюзией“, другие пытались обосновать теми или иными общими соображениями. Гораздо сложнее оказалось отношение к этой гипотезе Менделеева.

В 1872 году Менделеев писал: „Каждый знает участь гипотезы Проута. После того, как точными исследованиями было показано, что числа атомных весов могут содержать дроби, после того, как Стас показал, что между ними нельзя найти никакого рационального соотношения... должны исчезнуть всякие сомнения в том, что гипотеза Проута далека от действительности...“ Но далее Менделеев пишет уже менее определенно: „...как мне кажется, нет никаких твердых оснований для принятия этой гипотезы“, и более того, он вынужден попытаться „...согласовать принятое по безмолвному соглашению химиками мнение о сложности природы элементов с непринятием гипотезы Проута“. (Менделеев всюду писал Праут, но мы даем принятую теперь транскрипцию имени английского ученого).

Уже на пороге нового века Менделеев еще раз возвратился к гипотезе Проута.

Интересен повод, побудивший Менделеева к этому.

В ряде газет появилось сообщение о том, что, используя новейшие достижения техники, некто Эванс получил в Америке золото из серебра, осуществив таким образом древнюю мечту алхимиков. По словам газетных корреспондентов, Эванс в присутствии группы экспертов сдал полученное им золото в банк. Через некоторое время Менделеев стал получать письма с упреками, что ученые не желают признать важнейшее открытие, сделанное не профессионалом-химиком. Это побудило Менделеева выступить с публичным разоблачением Эванса. Легко доказав, что все науко-

образные рецепты, приводимые им в его отчете, ничего общего с наукой не имеют и рассчитаны только на обман невежественной публики; обратив далее внимание читателей на то, что среди экспертов, засвидетельствовавших превращение серебра в золото, не было ни одного ученого, Менделеев перешел в своей статье к обсуждению вопроса о принципиальной возможности трансмутации элементов. Его статья была напечатана в „Журнале Журналов и Энциклопедическом обозрении" в 1898 году. Менделеев писал:

„Если бы, например, твердо установилось понятие о переходе одних простых тел в другие — химия только бы выиграла, но все попытки этого рода, до сих пор очень уже многочисленные (интересно было бы их историю изложить — кому есть на то досуг), были напрасны и оказывались лишь пустотелыми умозрениями или ошибками опытов, а потому от прочно установленного или общепринятого нет оснований переходить к фантастическому и произвольному, прочно установленным же и общепринятым здесь надо считать, увы, пока лишь отрицательное, а именно то, что никогда и никто не встретил ни одного явления, при котором одно простое тело переходило бы в другое, откуда и делается предположительное заключение, положенное в основу всей нашей науки: химические элементы самостоятельны, ими надо ограничить познание о превращении веществ друг в друга. Докажется иное, выиграется быть может возможность понять закономерность, примеченную в элементах, а именно их периодичность, но пока что говорить о превращении одних элементов в другие просто-напросто нет никакого повода. Таким образом мне лично, как участнику в открытии закона периодичности химических элементов, было бы весьма интересно присутствовать при установке данных для доказательства превращения элементов друг в друга, потому что я тогда мог бы надеяться на то, что причина периодической законности будет открыта и понята. Поэтому, как философ, я с большим вниманием присматриваюсь ко всякой попытке показать сложность химических элементов. Но, как естествоиспытатель, я вижу тщетность всех попыток, а потому — опять по склонности людской философствовать — стараюсь согласовать самостоятельность химических элементов с иными выводами естествознания, о чем здесь неуместно повторять, так как об этом я говорил не раз".

Таким образом Менделеев ясно заявлял о том, что открытый им закон периодичности в свойствах элементов может быть понят только в том случае, если будет доказана трансмутация (превращение) элементов Но это значило, что закон Менделеева был сильнейшим доводом в пользу учения о сложном строении атомов.

Обнаруженную им „периодичность" элементов Менделеев считал „самым таинственным пока явлением". В чем же видел Менделеев „таинственность" этого явления? Какие конкретные трудности в истолковании периодического закона заставляли Менделеева упорно возвращаться к обсуждению, повидимому, несостоятельной гипотезы Проута? Эти трудности сводятся к следующему. Во-первых, как писал Менделеев, „...множество явлений природы представляют зависимость периодического свойства; так, смена явлений дня и года и колебания всякого рода представляют перемены периодического свойства. Но в обычных периодических функциях одна переменная изменяется непрерывно, а другая возрастает для того, чтобы начать затем период уменьшения и, дойдя до его предела, опять начать возрастать. В периодической функции элементов дело идет иначе: здесь масса элементов не возрастает непрерывно, переходы совершаются скачками... Так, эквивалентность или атомность прямо перескакивает с 1 на 2, на 3 и т. д. без переходов".

Вторая трудность была связана с истолкованием самого значения атомного веса, как величины, определяющей все свойства атомов. Что выражает собой атомный вес? Почему незначительные изменения в атом-

ном весе вызывают иногда сильнейшие изменения свойств элементов? Так, например, атомный вес активнейшего в химическом отношении фтора (19,00) лишь на единицу отличается от атомного веса совершенно инертного неона (20,2). А в то же время между атомными весами близких по химическим свойствам железа (55,84) и кобальта (58,97) почти втрое большая разница. Менделеев считал зависимость свойств элементов от их атомного веса следствием третьего принципа Ньютона (см. примечания 1 и 3). Но все, что до сих пор было известно относительно функциональной зависимости от масс, показывало, „...что, по мере возрастания масс, переменные функции падают или растут, как притяжение небесных светил. Всегда выражение явлений оказывалось пропорциональным массе, и не было ни разу, чтобы с возрастанием массы начиналось, через некоторый период, повторение свойств, как оказалось в периодической законности для химических элементов".

В следующих главах лекции и в примечании 5 рассказывается о том, как современная наука разрешила эти трудности. Было найдено объяснение и для некоторых исключений из закона, которые знал, но не мог объяснить сам Менделеев.

Большинство его смелых поправок атомных весов, которые он сделал в 1869—1871 годах, создавая свою таблицу, были подтверждены последующими опытами. Атомный вес урана, действительно, оказался не 120, а близким к 240, бериллия 9,02, а не 13,5 и т. д. Но в двух случаях предусмотренного Менделеевым исправления атомных весов не последовало. Атомный вес теллура должен был бы быть меньше атомного веса иода и атомный вес кобальта меньше атомного веса никеля. В действительности же самые точные определения давали для кобальта и теллура значение атомных весов 58,97 и 127,5, а для следующих за ними никеля и иода соответственно 58,68 и 126,92. К этим двум случаям нарушения закона Менделеева в 90-х годах добавился третий: атомный вес аргона оказался больше, чем атомный вес следующего за ним калия (39,94 и 39,10).

В 1934 году было обнаружено и еще одно отклонение. Атомный вес тория равен 232,12, а атомный вес следующего за ним протактиния только 231. Год за годом Менделеев ждал, что химики увеличат атомные веса для калия, никеля и иода или уменьшат их для аргона, кобальта и теллура Но эта надежда Менделеева не оправдалась. Пришлось допустить, что закон зависимости свойств элементов от их атомных весов в некоторых случаях может нарушаться. Но это допущение противоречило тому, что с такой уверенностью утверждал Менделеев: „...законы природы не терпят исключений, в том-то и отличие их от грамматических правил". Таким образом, закон Менделеева, обобщивший все достижения современной ему химии, не мог быть объяснен на основании господствовавших тогда представлений о строении материи. Этот закон вскрывал такие глубокие свойства материи, изучение которых должно было увести ученых внутрь атома. Но до открытия радиоактивности (1896 год) огромное большинство физиков было уверено в том, что атом является неделимой частицей.

Новое воззрение на строение материи, открытие в атомах источника огромных запасов энергии, доказательство возможности превращения элементов — все это коренным образом перестраивало стройное здание науки конца XIX века.

Наряду с правильными и научно-обоснованными выводами из вновь открытых фактов многими учеными были сделаны реакционные, идеалистические выводы о том, что разрушение учения о неделимости атомов обозначает крах материализма как научной и философской системы. Все эти реакционные взгляды были разоблачены Лениным в его труде „Материализм и эмпириокритицизм".

Менделеев же занял иную позицию: он с недоверием отнесся к вновь

открытым фактам и упорно звал химиков ограничить свою деятельность изучением неизменяемых элементов и пользоваться периодическим законом, как сильнейшим оружием науки, не пытаясь постигнуть его внутреннюю сущность. „Подобно тому, как, не зная причины тяготения, можно пользоваться законом тяготения, так можно пользоваться для химических целей законами, открытыми химиею, не имея объяснения их причин", говорил он в 1884 году и не изменил своей точки зрения и позже.

С большим недоверием отнесся, в частности, Менделеев к фактам радиоактивного распада элементов. Он считал, что уран, в атомах которого сконцентрировано максимальное количество энергии, должен обладать особыми свойствами, но считал невероятным, что из урана непрерывно выделяются гелий и другие элементы. Химический (спектральный) анализ выделяющегося гелия был проделан только в 1909 году, через два года после смерти Менделеева.

Самое явление радиоактивности Менделеев рассматривал как свойство некоторых элементов, приобретаемое ими подобно тому, как железо или кобальт приобретают магнитные свойства. Все эти, уже и тогда неубедительные, рассуждения мы находим в 8-м, вышедшем в 1906 году издании „Основ химии".

В своем скептическом отношении к новым фактам Менделеев не был одинок. Знаменитый физик Томсон (лорд Кельвин), которого англичане называют „вторым Ньютоном", также считал до самой смерти (1907 год) атомы незыблемой основой строения материи.

Примечание 5

В одном из своих выступлений современный американский физик Эдвард Кондон заявил по поводу атомной бомбы: „Это представляет собой кульминационный пункт исследований, проводившихся во всем мире в течение последних 50 лет. Нам важно представить себе международный характер этого изучения. Более 50 лет назад основания современной атомной науки были заложены открытием периодической системы элементов Менделеевым, русским, и большое число русских ученых с тех пор сделалось известными работой в данном направлении".

Таким образом, не только в теоретическом изучении строения материи, но и в практическом использовании внутриатомной энергии работы Менделеева сыграли огромную роль. Менделеев, впервые сблизивший „несходственные" элементы (см. примечание 4), положил конец изучению элементов, а следовательно и их атомов, как изолированных, ничем не связанных друг с другом явлений. До Менделеева можно было изучать водород, кислород, азот и другие элементы, не задумываясь о том, чем и как определяются их свойства. Менделеев поставил в порядок дня проблему изучения законов, определяющих свойства элементов. И тот факт, что принятый им принцип расположения элементов в порядке возрастания их атомных весов не всегда мог быть соблюден и не давал причинного объяснения чередованию свойств элементов, свидетельствовал только о том, что Менделеев „заглянул в будущее", обнаружил такие свойства элементов, которые не могли быть объяснены современной ему наукой, но получили объяснение в наши дни. При этом физики, работавшие над созданием модели атома, должны были предусмотреть такие структурные особенности этой модели, которые позволили бы понять периодичность в свойствах элементов. Таким образом, закон Менделеева в большой мере направлял физические исследования. Как известно, химические и физические свойства элементов в целом физики объясняют сейчас строением электронных оболочек и числом электронов, вращающихся вокруг ядра, причем число электронов определяется зарядом ядра, а их расположение по орбитам — гораздо более сложными законами квантовой механики. Чередование же в таком важном химическом свойстве, как валентность, — тот факт, что, на-

чиная от нулевой группы таблицы Менделеева, в которой расположены элементы, не образующие химических соединений, до восьмой группы идет нарастание максимальной валентности, а затем вновь встречаются элементы, неспособные вступить в химическую связь. Этот кардинальный факт физики объясняют тем, что в самой наружной электронной оболочке может быть от 1 до 8 электронов. Некоторые из комбинаций электронов чрезвычайно устойчивы и, не допуская вхождения дополнительных электронов, сами не входят в электронные оболочки других атомов. Именно такие оболочки у элементов нулевой группы. У всех остальных элементов во внешней оболочке атомов имеется от одного до восьми электронов, способных во время химических реакций входить в состав электронных оболочек других атомов или присоединять к себе недостающие до восьми электроны.

По мере усложнения атома (то-есть по мере возрастания заряда его ядра) во внешней оболочке оказывается восемь электронов, и с появлением следующего электрона эта оболочка перестает быть внешней: еще дальше от ядра появляется оболочка с одним, двумя, тремя и т. д. электронами, а в таблице Менделеева мы наблюдаем переход от одно-двух-трехвалентных элементов к элементам с большей максимальной валентностью. Эта простая схема в некоторых предусмотренных теорией случаях требует значительного усложнения.

Большую роль таблица Менделеева сыграла и в установлении понятия изотопии. Об этом см. примечание 7.

Примечание 6

Теперь нам известны и достаточно устойчивые трансурановые элементы, правда, полученные искусственным путем. Один из этих элементов — плутоний (порядковый № 94) получается в так называемом „урановом котле". При определенных условиях нейтроны захватываются ядрами изотопа урана 238 (об изотопии см. следующее примечание) и атомный вес урана возрастает на единицу. Получается новый изотоп урана 239. Атомы этого изотопа урана неустойчивы и самопроизвольно распадаются с выделением электронов (бета-частиц). Это приводит к возникновению нового элемента—нептуния с порядковым номером 93. Нептуний также радиоактивен и в течение нескольких дней практически весь превращается в следующий трансурановый элемент — плутоний, который обладает очень слабой радиоактивностью. Его период полураспада (см. примечание 8) равен 24 000 лет, так что плутоний может считаться элементом более устойчивым, чем радий.

Всего описано уже четыре трансурановых элемента: № 93 — нептуний, № 94 — плутоний, № 95 — америций, № 96 — кюрий. Химические свойства их, особенно плутония, изучены очень хорошо. Известный современный ученый Г. Т. Сиборг пишет: „Можно с полным правом сказать, что химия плутония нам известна теперь так же хорошо или даже лучше, чем химия большинства элементов периодической системы".

Что касается незаполненных мест в таблице Менделеева, то, как указал в своем докладе, прочитанном 2 февраля 1947 года на торжественном заседании Академии наук СССР и Всесоюзного химического общества имени Д. И. Менделеева, посвященном памяти Менделеева в связи с 40-летием со дня его смерти, академик Ландау, в настоящее время в периодической системе имеются четыре незаполненных места. Это 43-й элемент, названный в свое время мазурием, 61-й элемент — иллиний, также уже описанный, но, как оказалось, ошибочно, и элементы 85-й и 87-й. Теоретические расчеты показывают, что элементов 43-го и 61-го в природе вообще существовать не может, так как их ядра не стабильны.

Таким образом, нам известно 88 элементов, умещающихся в таблице Менделеева, и 4 элемента, продолжающих ее дальше урана.

Практическое использование внутриатомной энергии связано с разделением природных изотопов урана. Искусственные радиоактивные изотопы элементов (см. примечание 9) приобрели большое значение в научно-исследовательской работе и в медицине. Таким образом явление изотопии привлекает сейчас внимание и физиков-теоретиков и физиков-практиков.

Открытие изотопов — атомов, имеющих одинаковые химические свойства, но разные массы, окончательно обнаружило, что не атомные веса обусловливают свойства элементов. Однако открытие самих изотопов было бы крайне затруднено, если бы Менделеев не создал своей таблицы, в которой элементы размещались в порядке возрастания их атомных весов. Ведь самое слово изотоп обозначает „занимающий одно и то же место" в Менделеевской таблице.

Физики проследили весь путь радиоактивного распада атомов. Они определили, какие именно элементы должны появиться при распаде урана или тория. Было доказано, что и уран и торий, обладающие очень большими атомами, в конце-концов превращаются в атомы обыкновенного свинца. Но тут обнаружилось, что должны существовать по меньшей мере две разновидности атомов свинца.

Допустим для простоты, что из атомов урана, имеющих вес 238, отнимаются только альфа-частицы, атомный вес которых равен четырем. Тогда, после выделения 8 альфа-частиц, получится атом свинца, в 206 раз более тяжелый, чем атом водорода: $238-(4\times 8)=206$.

Если же из атома тория (масса его атома равна 232) выделится последовательно 6 альфа-частиц, то получится свинец с атомным весом 208; $232-(4\times 6)=208$. Специальные исследования показали, что, действительно, в урановых рудах преобладает свинец 206, а из очень чистой ториевой руды был получен свинец с атомным весом 208.

Прежде чем уран, торий и третий радиоактивный элемент с большим атомным весом — актиний превратятся в соответствующие им изотопы свинца, возникнет много неустойчивых, тоже радиоактивных элементов. Подсчитав их число, физики убедились, что, кроме уже известных элементов, существует еще 40 новых.

Между свинцом и ураном в таблице Менделеева в то время имелось 7 свободных клеток, в которых следовало разместить 40 различных по атомному весу элементов. Пришлось допустить, что некоторые из них были изотопами. Таким образом признание изотопии явлением распространенным, не ограниченным одним свинцом, явилось прямым следствием из закона Менделеева. И, как многие другие следствия из этого закона, опыт вскоре подтвердил и вывод о существовании многих изотопов.

В 1907 году ученые добыли новый радиоактивный элемент—ионий,— в таком количестве, что можно было уже определить его химические свойства. Оказалось, что ионий обладает всеми свойствами тория. Вскоре было обнаружено, что и радиоторий обладает теми же химическими свойствами, что и торий и ионий. Но одинаковые по химическим свойствам элементы с атомными весами 232, 230 и 228 оказались в 90-й клетке таблицы Менделеева, которую до тех пор занимал один лишь торий. Это обстоятельство побудило ученых заняться исследованием химических свойств радиоактивных элементов, тогда как до этого все их внимание привлекало изучение физических явлений, сопровождающих распад атома. Одна за другой были обнаружены несколько групп, по терминологии Фаянса, плеяд элементов, занимающих в таблице Менделеева клетки между свинцом и ураном. К таким плеядам относятся свинец.

(и не один, а несколько свинцов) и радий D; мезоторий I, радий и торий X и т. д.

Наконец, в 1911 году Дж. Дж. Томсон доказал, что изотопы есть не только у радиоактивных элементов.

В 1920 году Астон, а затем и другие ученые обнаружили изотопы почти у всех элементов. Так, например, в 20-й клетке таблицы Менделеева, где ранее находился один только кальций с атомным весом 40,08, теперь мы помещаем целую плеяду (группу) изотопов кальция с атомными весами 39, 40, 42, 43, 44, 46, 48. В 50-й клетке находится олово (атомный вес 118, 70), а по современным представлениям в этой клетке группируются атомы, имеющие относительные массы 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125. Крайние значения этих величин отличаются друг от друга на 13 единиц, то-есть на массу, превышающую массу атомов водорода, гелия, лития, бериллия, бора и углерода, но, несмотря на это, олово 112 и олово 125 химически почти тождественны, потому что во внешних орбитах их электронных оболочек содержится одинаковое количество этих элементарных частиц. Сходное строение имеют и остальные их электронные орбиты. А это в свою очередь объясняется тем, что у всех изотопов олова одинаков заряд ядра атомов. Носителями положительных электрических зарядов ядер являются протоны. Следовательно, во всех ядрах атомов изотопов какого-либо элемента содержится одинаковое количество протонов. Но кроме протонов, в состав ядер входят и нейтроны — частицы, не несущие электрических зарядов. Оттого, что в одном ядре больше нейтронов, чем в другом, заряд ядер не меняется, не меняется поэтому и число электронов, вращающихся вокруг ядер. Вот почему и возможно существование атомов, имеющих разные массы, но обладающих одинаковыми химическими свойствами. Обычно по мере усложнения строения атомов в их ядрах увеличивается количество не только нейтронов, но и протонов. Поэтому возрастание атомных весов и изменение химических свойств, как правило, происходят параллельно. Это и дало возможность Менделееву в то время, когда наука еще ничего не знала о сложном строении атомов, создать свою знаменитую таблицу. Отдельные же исключения из закона Менделеева, о которых говорилось и в тексте лекции и в предыдущих примечаниях, получили полное объяснение, когда было установлено, что иод и теллур, аргон и калий и другие элементы, расположенные в таблице не в точном соответствии с их атомными весами, занимают клетки таблицы в порядке возрастания зарядов ядер их атомов.

Примечание 8

Закон Менделеева, отражающий родство между элементами, свидетельствующий о том, что по мере перехода от одного атома к другому происходит нарастание какой-то величины (массы атома — по Менделееву, заряда ядра — по современным представлениям) и в зависимости от изменения этой величины наблюдается скачкообразное изменение свойств элементов, — этот закон отражал диалектические законы развития материи. Но, если речь идет о развитии, то, значит, атом любого элемента возникает при определенных условиях и разрушается при изменении этих условий. До Менделеева атом представлялся химикам и физикам вечным и неизменным явлением. Современная физика считает, что и атомы, как и другие явления природы, имеют свою историю.

В утверждении этого нового взгляда на атомы, помимо общих соображений, вытекающих из истолкования закона Менделеева, огромное значение сыграло открытие и изучение явлений радиоактивности.

Открытие радиоактивности было сделано во время исследования способности многих веществ светиться в темноте после того, как их

подержат некоторое время на ярком свету. Сернистый кальций, например, вынесенный на солнечный свет, будет светиться в совершенно темной комнате. Такой же способностью обладают и все соединения редкого элемента урана. Ставя опыты с ураном, французский физик Беккерель в 1896 году случайно заметил, что урановые руды, кроме видимых для глаза лучей, выделяют и невидимый свет, действующий на фотографические пластинки. Вблизи от куска урановой руды фотографические пластинки чернели в темной комнате, как на ярком свету. Самое удивительное в открытии Беккереля заключалось в том, что урановые руды действовали на фотопластинку и без предварительного освещения. Кусок руды можно было добыть из глубокой темной шахты, запаковать его в непроницаемый для солнечных лучей ящик, внести в темную лабораторию и, несмотря на то, что никогда на уран не упал солнечный луч, фотопластинки, поднесенные к его куску, чернели.

Продолжая работы Беккереля, польский физик Мария Складовская вместе со своим мужем французским ученым Пьером Кюри открыла, что таинственной способностью действовать на расстоянии на фотографические пластинки обладает, кроме урана, еще и торий. А затем супруги Кюри выделили из урановой руды новый, ранее неизвестный элемент, обладающий в миллион раз более сильным действием, чем уран. Мельчайшая крупинка нового элемента была подобна, по словам одного физика, крохотному Солнцу, испускающему какие-то темные, невидимые лучи. Новый элемент Кюри назвала радием, что значит „лучистый“, а самую способность некоторых веществ непрерывно испускать невидимый свет она назвала радиоактивностью.

Сходство между радием и Солнцем увеличивалось тем, что оба — крупинка металла в лаборатории и огромное Солнце, отделенное от нас миллионами километров, — не только светят, но и греют. Радий всегда бывает теплее окружающего воздуха. Было подсчитано, что один грамм радия выделяет в течение тысяч лет около 4 миллиардов калорий тепла. Столько же тепла мы можем получить, сжигая 500 тонн угля. Но скоростью горения угля мы можем управлять по желанию. В печи с плохой тягой уголь медленно тлеет, в горне горит ярким пламенем, в чистом кислороде сгорает почти мгновенно. А радий выделяет невидимые лучи и тепло с постоянной скоростью. Ускорить выделение тепла, усилить излучение радия физики не могли. Поведение радия совершенно не менялось при нагревании и охлаждении. В раскаленной печи и в жидком воздухе, в котором резина становится хрупкой, как стекло, радий выделял столько же тепла и лучей, действующих на фотопластинку, как и при обыкновенной комнатной температуре. Не меняли силы излучения радия и щелочи и кислоты.

Обычные горючие вещества можно сделать негорючими, соединив их с другими веществами. Так, например, элемент натрий очень горюч. Но, если натрий соединить с хлором, получится новое вещество—хлористый натрий, или поваренная соль, которая не боится огня. Радий же и в чистом виде и в химических соединениях излучал невидимый свет и тепло одинаково интенсивно. Пробовали помещать кусочек радия между полюсами сильных электромагнитов, но и это не оказало на него никакого влияния.

Сначала физики думали, что радий выделяет лучи, совершенно подобные световым лучам. Но вскоре выяснилось, что это не совсем так.

Мы уже сказали, что электромагнитное поле не действует на радий, но на лучи радия это поле действует очень сильно. Если над кусочком радия поместить электромагнит, то невидимые лучи радия разделятся на три части: одна часть их отклонится к положительному полюсу электромагнита и заставит почернеть стоящую сбоку фотопластинку, другая часть лучей отклонится к отрицательному полюсу и заставит почернеть другую фотопластинку, а третья часть лучей пойдет прямо и оставит свой след на третьей фотопластинке.

Обычный свет не отклоняется к полюсам электромагнита, и третья часть лучей радия подобна обыкновенным световым лучам. Эти лучи, названные гамма-лучами, отличаются от световых лучей только малой длиной волны. Две же другие части излучения радия, отклоняющиеся вправо и влево, — не обычные лучи, а заряженные электричеством частицы, потому что к полюсам электромагнитов отклоняются только заряженные электричеством тела. К положительному полюсу притягиваются отрицательно заряженные частицы; отрицательный полюс, — наоборот, действует, как магнит, на положительно заряженные частицы. Значит, из радия, кроме невидимых световых лучей, выделяются потоки мельчайших, заряженных электричеством, частиц материи.

Путем сложных опытов было установлено, что положительные частицы, вылетающие из радия, имеют массу 4, то-есть в четыре раза тяжелее атомов водорода. Эти частицы, названные альфа-частицами, имеют такую же массу, как и атомы гелия. Они и оказались заряженными атомами гелия.

Отрицательно заряженные частицы (бета-частицы) оказались электронами — их масса в 1845 раз меньше массы водородного атома. Потоки электронов — это всем известный электрический ток, бегущий по проводам.

Ни альфа-частицы или гелий, ни электроны не примешаны к радию. Они возникают из самых атомов радия. Атомы радия разрушаются, выбрасывают из себя альфа-частицы и электроны. Так было опровергнуто первое и основное определение атома: неделимый атом оказался делимым. Теперь уже не атом приходилось считать самой маленькой частицей материи. Сам атом построен из электронов и других частиц.

Открытие радиоактивности опровергло и второе определение атомов, как неизменных частиц. Выбрасывая альфа-частицы и электроны, атомы радия и других подобных веществ становятся легче, меньше, проще по своему устройству, а следовательно, радий уже перестает быть радием, атомы радия превращаются в атомы других элементов. Эти элементы также выделяют частицы материи, и так продолжается до тех пор, пока неустойчивые, распадающиеся атомы радиоактивных элементов не превратятся в устойчивые, долговечные, нераспадающиеся атомы обыкновенных элементов. При этом скорость распада атомов любого радиоактивного вещества оказалась строго постоянной. Это значит, что из любого количества атомов урана, радия, тория и др. в единицу времени в среднем распадается определенная часть всех атомов. Эта часть для урана будет иной, чем для радия, для тория еще иной и т. д. Оказалось возможным рассчитать, за какое время произойдет распад половины атомов любого радиоактивного элемента. Это время было названо периодом полураспада. Период полураспада так же точно характеризует радиоактивный элемент, как и заряд ядра, валентность и другие свойства их атомов.

„В течение часа,—пишет проф. Э. В. Шпольский („Атомная энергия". Гостехиздат, 1946 г., стр. 15),—только 5 атомов радия из миллиарда (10^9) испытывают... распад. Правда, число атомов в 1 грамме радия настолько велико ($2{,}68 . 10^{21}$), что эти 5 атомов на миллиард при расчете на 1 г дают 1 366 000 миллионов ($1{,}36 . 10^{13}$) распадающихся атомов в час. Отсюда можно вычислить время, в течение которого испытывает распад половина имеющегося количества радия (так называемый период полураспада или просто период); оно оказывается равным 1600 лет. Еще медленнее распадается уран: половина его испытывает распад в 4,5 миллиарда лет ($4{,}5 . 10^9$ лет)".

Примечание 9

Использование искусственных и естественных радиоактивных элементов в исследовательской работе основано на том, что атомы этих

элементов являются „мечеными атомами", то-есть выдают свое присутствие, обнаруживают себя благодаря выбрасыванию заряженных частиц и испусканию гамма-лучей среди любого количества других, обычных устойчивых атомов. В то же время по своим химическим свойствам „меченые атомы" во всем подобны устойчивым атомам соответствующих изотопов. Таким образом, прослеживая пути перемещения небольшого числа радиоактивных изотопов, мы можем узнать, как ведут себя в тех же условиях обычные атомы.

В качестве примера использования радиоактивных изотопов приведем работы по определению возраста Земли.

Попытки точно определить возраст Земли делались уже не раз. Так, в 1862 году английский физик Вильям Томсон рассчитал, что огненно-жидкий земной шар должен был охлаждаться до теперешнего состояния не менее 40 миллионов лет.

В 1899 году другой английский ученый, Джоли, на основании определения толщины осадочных пород и подсчета количества вещества, ежегодно уносимого реками в моря и океаны, пришел к выводу, что наша планета существует около 300 миллионов лет.

Но точность расчетов Джоли была невелика. В наше время реки сносят в год много миллионов тонн вещества и понижают уровень континентов на 1 метр в течение 25 тысяч лет. Но работа рек в очень большой степени зависит от рельефа стран. В гористых местностях реки с быстрым течением размывают берега гораздо быстрее, чем равнинные реки. А горы не только разрушаются, но и растут. Горообразовательные процессы нарушают равномерную работу рек и за сотни миллионов лет были эпохи, когда реки сносили в моря много больше песка, глины, ила, чем сносят в наше время.

Но вот „на смену геологам,—пишет в одной из своих статей академик Ферсман,—пришли химики и физики. Они, наконец, нашли точные „часы" (для определения возраста Земли.—Ред.), вечные, не зависящие ни от мастера, который их делал, ни от пружин, которые приводят их в движение, но и от завода их владельцем".

Этими часами оказался сам атом. Атомы радиоактивных веществ не остаются неизменными. Мы уже знаем (см. примечание 8), что уран, торий, радий превращаются в другие элементы, что такое превращение происходит с неизменной скоростью при любых условиях. В конце-концов из неустойчивых атомов радиоактивных веществ получаются устойчивые атомы свинца и гелия. Поэтому в любой урановой или ториевой руде будет обязательно содержаться свинец (гелий улетучивается в воздух).

Ученые рассчитали, что из 1000 граммов урана через 100 миллионов лет образуется 13 граммов свинца и 2 грамма гелия. Через 200 миллионов лет из 1000 граммов урана уже возникает 255 граммов свинца, а гелия выделится 35 граммов. Через 8200 миллионов лет, то-есть через 8 с лишним миллиардов лет, практически весь уран исчезнет и превратится в свинец и гелий.

Если бы наша Земля существовала больше 8 миллиардов лет, мы бы никогда не находили урановых руд. Определив, сколько свинца содержится в любом кусочке урановой руды, можно легко вычислить возраст породы. Эти расчеты показали, что наша планета существует уже более 2 миллиардов лет. Таким образом, определение возраста Земли свелось к нахождению точного содержания свинца в урановых рудах (с точностью до стотысячных долей грамма). Но тут-то на последнем этапе, когда оставалось, так сказать, только взглянуть на циферблат „мировых часов", химики и физики встретились с большими трудностями.

Отделение свинца от других веществ, содержащихся в урановой руде, производится выделением его из раствора в осадок (с помощью, например, серной кислоты). Чтобы расчет возраста Земли был верным,

надо весь свинец заставить выпасть в осадок. Но как убедиться в совершенной полноте осаждения свинца?

Очевидно, что нам нужно суметь проследить чуть ли не за каждым из атомов осаждаемого свинца. Эту, казалось бы, неразрешимую задачу удалось решить очень просто с помощью радиоактивного изотопа свинца.

Среди продуктов распада урана есть особый элемент — радий Д. В ядре атома этого элемента заключено 82 положительных заряда. Значит, в атоме радия Д содержится и 82 электрона, которые определяют его химические свойства. Но 82 электрона вращаются и вокруг ядер всех атомов свинца. Следовательно, химические свойства радия Д и химические свойства свинца одинаковы. Но в то время, как атомы свинца устойчивы и неизменны, половина всех атомов радия Д распадается за 16 лет. И если бы этот элемент непрерывно не возникал из урана, его уже очень давно не существовало бы на Земле.

Добавив к осаждаемому свинцу ничтожную крупинку быстро распадающегося радия Д, мы имеем возможность следить за ходом выделения свинца в осадках.

Воспользовавшись радием Д, химики обнаружили, что, действительно, ничтожное количество свинца остается в растворе. Определив, какая доля радия Д переходит в осадок и какая его доля остается в растворе, удалось выяснить и долю остающихся в растворе, ничем не выдающих своего присутствия атомов свинца. Атомов свинца может быть в любое число раз больше, чем атомов радия Д. Но распределяются между раствором и осадком свинец и радий в одинаковом соотношении: ведь меченые, отличимые от атомов свинца, атомы радия Д и обыкновенные атомы свинца имеют одинаковые химические свойства. Для наблюдения за радиоактивными атомами физики используют обычно один из двух приборов.

В одном из них под влиянием летящих электрических частиц происходит сгущение водяных паров. Этот прибор называется „камерой Вильсона". Чтобы облегчить образование капелек воды в этом приборе, создается охлаждение с помощью простого поршневого устройства, внезапно разрежающего воздух в камере (при разрежении воздуха его температура понижается) Водяные пары вводятся в камеры заранее, а сгущаются они вокруг частиц, так называемых ионов, тысячи которых создаются альфа-частицей или другой электрической частицей, проносящейся через камеру. Дело в том, что при столкновении альфа-частицы, выброшенной из атомов радиоактивного вещества, с атомами газов, находящихся в камере, альфа частицы выбивают из атомов один или несколько электронов. При этом атомы из электрически нейтральных становятся положительно заряженными; их-то и называют ионами. А ионы обладают способностью, подобно капелькам, собирать вокруг себя молекулы воды.

Поднося к камере Вильсона или помещая внутри нее радиоактивное вещество, мы можем увидеть путь летящих частиц радиоактивных атомов и сосчитать их число. Следы летящих осколков радиоактивных атомов дают нам возможность обнаруживать такие ничтожные количества радиоактивных элементов, которые не могут быть уловлены никакими химическими способами анализа.

Второй широко распространенный прибор для изучения и обнаруживания радиоактивных веществ называется счетчиком Гейгера - Мюллера. В этом приборе альфа-частицы вызывают электрический разряд, искру, проскакивающую между двумя электродами.

Каждый разряд в счетчике легко различим на слух. И если в камере Вильсона мы видим след альфа-частицы, то в счетчике Гейгера - Мюллера мы слышим „голос" радиоактивного атома, своеобразный свист пролетающего электрического снаряда.

Счетчик Гейгера - Мюллера настолько чуток, что разряды в нем слышны непрерывно. Он отмечает электрические частицы, прилетающие к нам из мирового пространства в составе так называемых космических лучей, и ничтожное по силе излучение почти всех природных тел, потому что во всех телах рассеяны отдельные атомы радиоактивных элементов. Но в присутствии сильного излучателя электрических частиц частота разрядов в счетчике меняется. На фоне постоянных разрядов мы ясно различаем сухие щелчки — частое потрескивание электрических искр, проскакивающих между электродами прибора. Подсчитывая число разрядов, можно судить о количестве радиоактивного вещества, поднесенного к счетчику или внесенного внутрь счетчика.

До 1934 года ученые использовали только природные, естественные „меченые" атомы. Это могли быть устойчивые, нерадиоактивные изотопы, вроде тяжелого водорода, атомы которого отличались от атомов обыкновенного водорода почти вдвое большим весом. Это могли быть и атомы радиоактивных элементов, находимых в горных породах. Радиоактивные атомы обнаруживали свое присутствие тем, что распадались и выбрасывали при этом частицы вещества и излучали невидимый свет.

Но физики уже с 1919 года умели переделывать природу атомов, менять строение их ядер, из одного элемента получать другой. Предвидели физики и возможность увеличения массы атомов без изменения их химических свойств, то-есть возможность получения изотопов. Для этого надо было отнять или прибавить к ядру незаряженную электричеством частицу вещества — нейтрон.

Входя в состав ядра атома, нейтрон приносит с собой определенную массу, но не влияет на заряд ядра. Если же масса ядра возрастет, а заряд останется неизменным, то получится новый изотоп того же самого элемента.

Однако, когда нейтрон входит в ядро, из ядра часто выбивается какая-нибудь другая частица, в отличие от нейтрона несущая электрический заряд, например, альфа-частица. В этом случае заряд ядра уменьшается. Изменение же заряда ядра приводит к превращению одного элемента в другой, потому что от заряда ядра зависит число электронов в атоме, а от числа электронов — его химические свойства.

Если, например, к ядру атома элемента ванадия присоединится один нейтрон, то произойдет следующее.

К массе атома ванадия, равной 51, с зарядом его ядра, равным 23, присоединится масса нейтрона, равная 1. Заряд же нейтрона равен 0. В результате мы будем иметь атом с массой 52 и зарядом 23. Но все атомы, имеющие заряд ядра 23, имеют и 23 электрона, а электроны определяют химические свойства этих атомов. Следовательно, новый атом, имеющий массу 52 и заряд 23, будет изотопом обыкновенного ванадия.

Этот же изотоп ванадия может быть получен и из элемента хрома, потому что далеко не всегда лишний нейтрон так спокойно „прилипает" к ядру атома. Часто вхождение нового нейтрона в ядро приводит к сложным внутриядерным перестройкам, в результате которых из ядра вылетают другие частицы, несущие, в отличие от нейтрона, электрический заряд. При этом меняется заряд ядра, а значит, меняется и число электронов в атоме. Иными словами, происходит превращение одного элемента в другой.

Вот как это схематически можно изобразить. Атомный вес хрома—52, заряд его ядра—24. Масса нейтрона, как и прежде, 1 и заряд его — 0. Если бы все шло так же, как и при вхождении нейтрона в ядро ванадия, то получилось бы новое ядро атома с массой 53 и прежним зарядом 24, то-есть возник бы изотоп хрома. Однако вхождение нейтрона в ядро хрома приводит к вылетанию из ядра другой частицы — протона, имеющей, как и нейтрон, массу 1, но несущей 1 положительный заряд. Поэтому здесь происходит нечто иное: масса ядра атома хрома не ме-

няется (добавился один нейтрон, но отнялся протон, имеющий такую же массу), зато изменился заряд ядра. До вхождения нейтрона этот заряд был 24, и нейтрон сам по себе никак на него не повлиял. Но потеря протона уменьшила заряд ядра на единицу, и мы получили атом с массой 52 и зарядом ядра 23, то-есть уже знакомый нам изотоп ванадия

Тот же изотоп ванадия получается, наконец, и из элемента марганца (атомный вес марганца 55, заряд его ядра 25) при вхождении тех же нейтронов в ядра его атомов. Но при этом из ядер атомов марганца уже выделяются не протоны, а альфа-частицы с массой 4 и зарядом 2. Производим подсчет: масса ядра 55 (марганец) + 1 (нейтрон) — 4 (альфа-частица) = 52; заряд ядра = 25 (марганец) + 0 (нейтрон) — 2 (альфа-частица) = 23.

Но ведь атом с массой 52 и зарядом 23—это опять-таки изотоп ванадия.

Все три способа получения изотопа ванадия были осуществлены на практике. Разными способами были получены изотопы и других элементов. При этом обнаружился замечательный факт. Оказалось, что атомы многих изотопов элементов, рожденные в химических и физических лабораториях, неустойчивы. Половина всех атомов изотопа ванадия, например, распадается за 255 секунд. Изотоп ванадия недолговечен. Но его атомы выдают свое присутствие. Так, с помощью камеры Вильсона или счетчика Гейгера-Мюллера могут быть обнаружены чуть ли не единичные атомы радиоактивного изотопа ванадия. А так как химические свойства обыкновенных и радиоактивных изотопов одинаковы, мы можем узнать все, что нас интересует о судьбе атомов обычного ванадия.

Впервые искусственные радиоактивные вещества были изготовлены учеными физиками Ирен Кюри - Жолио, Фредерик Жолио - Кюри и Ферми в 1934 году. (Первые два ученых были избраны в 1947 году членами-корреспондентами Академии наук СССР на июньской сессии Академии наук СССР.) Очень скоро в распоряжении химиков оказались меченые атомы всех или почти всех элементов. Одни из этих меченых атомов, как и атомы радия, при своем распаде выделяют и альфа-частицы, и электроны (бета-частицы), и невидимые световые лучи (гамма-лучи). Другие атомы (и такие встречаются гораздо чаще) выделяют только альфа-частицы, или только электроны, или, наконец, одни невидимые лучи. Но какова бы ни была природа меченых атомов, их можно обнаружить одним из вышеописанных приборов.

Искусственные радиоактивные элементы могут быть получены не только с помощью нейтронов. Ядра атомов можно расшатать и бомбардируя их электрическими частицами. Сейчас, однако, чаще применяется „нейтронный способ". И вот по какой причине.

Ядро атома, на которое надо воздействовать, чтобы изменить природу атома, имеет положительный заряд. Альфа-частицы и протоны тоже имеют положительный заряд. Известно, что одноименные электрические заряды отталкиваются. Поэтому альфа-частицы, приближаясь к ядру, встречают на своем пути противодействие электрических сил, им приходится как бы пробивать особую электрическую броню, в которую „запакованы" ядра атомов. Чем выше заряд ядра, тем прочнее эта броня и тем большей скоростью должны обладать положительные частицы, чтобы достигнуть ядра. Вот почему даже альфа-частицы, вылетающие из атомов радиоактивных элементов со скоростью в 20 тысяч километров в секунду, способны пробиться только к ядрам атомов легких элементов с малым зарядом ядер.

До тех пор, пока в руках физиков были только электрические „снаряды", им удавалось воздействовать лишь на атомы азота, бериллия или калия, но не на гораздо более тяжелые атомы железа, свинца и золота. Электрические силы, заключенные в ядрах тяжелых атомов, отбрасывали назад все положительно заряженные частицы.

Правда, кроме положительно заряженных частиц, существуют и электроны - носители отрицательного электричества. Эти частицы уже не отталкиваются, а наоборот, притягиваются к положительно заряженным ядрам, но, во-первых, масса электронов слишком мала (обстрел электронами ядер напоминает стрельбу дробью по танку), а во-вторых, и у них на пути есть свои препятствия: ведь вокруг ядра вращаются отрицательно заряженные электроны, отталкивающие другие электроны, приближающиеся к атому со стороны.

Всех этих препятствий не встречает приближающийся к атому нейтрон, потому что электрические силы воздействуют только на заряженные частицы, а нейтрон, как мы уже знаем, не несет никакого заряда. Он свободно проходит поэтому и сквозь электронные оболочки атомов и сквозь „электрическую броню" ядра. Двигаясь в тысячи раз медленнее альфа-частиц, нейтроны тем не менее сокрушают любые ядра атомов, потому что основная трудность заключается не в том, чтобы разбить ядро, а в том, чтобы проникнуть сквозь его электрическую броню.

Итак, с помощью нейтронов можно получать искусственные радиоактивные вещества. Но где взять нейтроны?

Физики установили, что много нейтронов появляется при распаде ядер атомов бериллия, бора и некоторых других легких элементов. Ядра атомов легких элементов распадаются под ударами быстрых альфа-частиц, которые выделяют естественные радиоактивные вещества. Значит, смесь этих веществ с бериллием или бором может служить источником получения нейтронов для разрушения атомов всех элементов.

Но радий очень дорог. Скорость вылетающих из его атомов альфа-частиц не зависит от нашей воли. Поэтому для получения мощных потоков стремительных электрических частиц были созданы специальные приборы.

В одних приборах создаются кратковременные напряжения в миллионы вольт, порождающие стремительные потоки таких частиц. В других приборах еще большие скорости этим частицам сообщаются гораздо более низкими напряжениями, многократно действующими на электрические частицы. Один из этих приборов называется циклотроном.

Но откуда же берутся альфа-частицы, которые надо разогнать в циклотроне, чтобы с их помощью разбить ядра атомов бериллия или бора и выделить нейтроны?

Альфа-частицы—это заряженные атомы гелия, его ядра. Поэтому их и получают, пропуская сильный электрический ток сквозь разреженный воздушным насосом гелий. В одну секунду можно добыть миллиарды миллиардов альфа-частиц. Подобным же образом добывают и другие положительно заряженные частицы, например, ядра атомов тяжелого водорода — дейтерия.

Добытые таким путем альфа-частицы или ядра дейтерия разгоняются в циклотроне и после этого используются для разрушения ядер атомов бериллия.

Используя циклотроны и некоторые другие приборы, физики научились теперь добывать искусственные радиоактивные изотопы почти всех элементов. В распоряжении ученых оказались нестойкие, распадающиеся, меченые атомы фосфора, натрия, цинка, углерода, хлора и т. д.

Для химиков, биологов и для ученых других специальностей открылись новые возможности изучения природы. Эти возможности были использованы ими для решения разнообразнейших задач.

Примечание 10

О необыкновенной популярности Менделеева рассказывает в своих воспоминаниях академик Байков, слушавший в 1889 году лекции великого химика. Незадолго до этого Менделеев побывал, по приглашению английских ученых, в Англии, где выступил с лекциями.

В Петербурге ученый был восторженно встречен студентами университета.

Задолго до начала лекций не только седьмая аудитория, где читал свой курс Менделеев, но и прилегающие к ней помещения были переполнены оживленной и шумной толпой студентов всех факультетов и всех курсов. Когда в соседнем помещении послышались негромкие шаги, в аудитории воцарилась полная тишина. В дверях показалась величавая, немного сутуловатая фигура ученого. Длинные седые волосы, ниспадавшие до самых плеч, и седая борода окаймляли его серьезное, задумчивое лицо с сосредоточенными, проникновенными глазами.

„Я до сих пор не могу забыть того, что тогда произошло, — рассказывает академик Байков. — Казалось, здание готово было обрушиться от грома приветствий, возгласов, рукопожатий. Это была гроза, это был ураган. Все кричали, все неистовствовали, все старались возможно сильнее и полнее выразить свой восторг, свое восхищение, свой энтузиазм".

Лекции Менделеева всегда собирали многолюдную аудиторию. Нередко послушать его приходили студенты физики, математики, естественники и даже юристы и филологи.

По свидетельству Б. П. Вейнберга, „...по интонации речь Менделеева была незаурядною и разнообразною. Будь я музыкантом, я, думается, мог бы положить лекцию Менделеева на музыку, и любой из тех, на чью долю выпало счастье его слушать, безошибочно узнал бы звуки этого мощного голоса, переходившего от ясно слышного в последнем углу аудитории шопотка к громоподобным возгласам".

Но главная притягательная сила лекций Менделеева была в том, что он делал своих слушателей соучастниками своей работы и работы других ученых, он повествовал им об истории открытий, знакомил с приемами работы великих исследователей природы и неизменно внушал студентам, что „в научной деятельности очень часто рабочий и архитектор совпадают" и, что в "сооруженных частях научного здания одинаково привольно живется не только тем, кто составил план, готовил материал и вел кладку, но и всякому, кто захочет ознакомиться с планом, чтобы не попасть в недостроенные части, в подвалы и чердаки, где свален ненужный хлам".

ВАЖНЕЙШИЕ ДАТЫ ЖИЗНИ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

1834. 27(I)—8(II). В семье директора Тобольской гимназии Ивана Павловича Менделеева родился сын Дмитрий.

1841. Поступление в гимназию.

1847. Смерть отца Менделеева.

1849. Окончание гимназии.

1850—1855. Годы ученья в Петербургском главном педагогическом институте. Менделеев живо интересуется лекциями известного химика А. В. Воскресенского. Первые научные работы — анализы минералов — ортит и пироксен, студенческая диссертация „Изоморфизм".

1855—1856. Преподавание в 1-й Одесской гимназии. Возвращение в Петербург. Защита магистрской диссертации „Об удельных объемах".

1857—1858. Утверждение в звании доцента Петербургского университета. Менделеев читает курсы теоретической и органической химии. Статья о газовом топливе и о металлургии.

1859. Научная командировка за границу. Менделеев организует в Гейдельберге собственную лабораторию и производит ряд выдающихся исследований по физической химии (изучение сил сцепления, расширения жидкостей и др.). Открытие температуры абсолютного кипения.

1860. Первый международный съезд химиков в Карлсруэ, разрешивший ряд важнейших вопросов химической науки. Менделеев принимает деятельное участие в работах съезда.

1861. Прибытие в Петербург. Чтение в университете лекций по органической химии. Менделеев составляет для студентов обширный курс „Органическая химия", удостоенный Демидовской премии. Преподавание во 2-м кадетском корпусе, в корпусе инженеров путей сообщения, в военно-инженерном училище и в военно-инженерной академии. Работы по вопросам заводской, промышленной жизни России.

1863—1864. Избрание профессором Петербургского университета по кафедре технической химии и профессором Петербургского технологического института. Поездка в Баку для ознакомления с условиями эксплоатации нефти.

1865. Менделеев утверждается профессором университета по кафедре технической химии. Защита докторской диссертации „О соединениях спирта с водой", в которой Менделеев изложил свою теорию растворов.

Ряд сельскохозяйственных опытов в собственном имении под Клином (изучение влияния различных удобрений на урожай, изучение молочного хозяйства, сыроварения и т. д.).

1867. Менделеев получает при университете кафедру неорганической (общей) химии, которую он занимает затем в продолжение 23 лет. Поездка в Париж, на Всемирную выставку. Посещение ряда французских промышленных предприятий. Работа „О современном развитии некоторых химических производств в применении к России и по поводу Всемирной выставки 1867 г.".

1869. Первая формулировка периодического закона: 6 марта, на заседании Русского физико-химического общества, проф. Н. А. Меншуткин читает ввиду болезни автора доклад Менделеева „Опыт системы элементов, основанный на их атомном весе и химическом сродстве".

1869—1871. Выход в свет классического труда Менделеева „Основы химии", построенного на основе периодического закона.

1872—1878 Работы по вопросу сжимаемости газов; изучение высших слоев атмосферы; интерес к проблеме воздухоплавания; исследование растворов. Труды: „Об упругости газов", „О барометрическом нивелировании и применении для него высотомера". Борьба против спиритизма.

1875. Первое блестящее подтверждение периодического закона; французский ученый Лекок де-Баудодран открывает новый элемент галлий, существование которого было предсказано Менделеевым.

1876. Поездка в Америку для ознакомления с американской нефтяной промышленностью.

1877. Труд „Нефтяная промышленность в североамериканском штате Пенсильвании и на Кавказе", излагающий гипотезу Менделеева о происхождении нефти.

1879. Работа „О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании".

1880. Российская Академия наук забаллотировала Менделеева. Резкий протест русского общества против решения академии.

1881. Преподавание курса химии на Высших женских курсах.

1882. Выступление на промышленном съезде в Москве с речью „Мысли об условиях развития заводского дела в России".

1887. Полет на воздушном шаре во время солнечного затмения для наблюдения высших слоев атмосферы. Труд „Исследование водных растворов по удельному весу".

1888. Изучение каменноугольной промышленности Донбасса. Статья „Будущая сила, покоящаяся на берегах Донца", в которой Менделеев высказывает идею о подземной газификации каменного угля. Чествование Менделеева в Англии: лекция в Лондонском королевском институте и Фарадеевское чтение в Британском химическом обществе.

1889. Менделеев принимает участие в комиссии по пересмотру таможенного тарифа. Работа „Толковый тариф, или исследование о развитии промышленности России в связи с ее общим таможенным тарифом".

1889. В результате отказа министра народного просвещения принять от

Менделеева петицию студентов Менделеев подает в отставку и покидает университет.

1891. Работы по бездымному пороху по поручению морского и военного министерств.

1893. Назначение управляющим Главной палаты мер и весов. Работы по метрологии.

1894. Основание журнала „Временник Главной палаты мер и весов".

1899–1901. Поездка на Урал для изучения железной промышленности. Труд „Уральская железная промышленность в 1899 г.". Статья „Попытка химического понимания мирового эфира". Опубликование „Заветных мыслей".

1907. 20/I — смерть Д. И. Менделеева.

БИБЛИОГРАФИЯ

Мы приводим здесь только основные книги о Д. И. Менделееве и его периодическом законе, а также журнальные статьи, опубликованные за последние годы.

Более подробные сведения о книгах, посвященных Д. И. Менделееву и периодическому закону, а также список трудов самого Менделеева содержатся в книгах:

Кондратович Р. А. Д. И. Менделеев. Опыт библиографии. Приложение к т. II „Основ химии" Д. И. Менделеева. ОНТИ. Гос. химтехиздат. 1934. 72 стр.

Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907). Указатель литературы. Под общ. ред. М. Н. Попова со вступит. статьей А. Е. Ферсмана. М. Госбибиздат. 1941. 48 стр.

Менделеев Д. И. Литературное наследство. Т. I. Ред. коллегия: Байков А. А. и др. Ред. Э. Х. Фрицман. Л. Изд. Ленингр. гос. ун-та. 1938. 132 стр. с илл.

В книге помещены „Биографические заметки" Д. И. Менделеева, „Список моих сочинений" с собственноручными замечаниями автора по поводу отдельных сочинений и список дипломов и ученых званий Д. И. Менделеева, составленный им самим. Этому материалу предпослан биографический очерк Э. Х. Фрицмана „Дмитрий Иванович Менделеев", где рассказано о деятельности великого русского химика в университетский период и в период работы в Главной палате мер и весов.

Кузнецов Б. Г. Ломоносов, Лобачевский, Менделеев. Очерки жизни и мировоззрения. Предисл. В. Л. Комарова. Изд-во Акад. наук СССР. 1945. 334 стр. с илл.

Младенцев М. Н. и Тищенко В. Е. Дмитрий Иванович Менделеев, его жизнь и деятельность, т. I, ч. 1 и 2. М.—Л. Изд-во Акад. наук СССР. 1938. 268 стр. (Акад. наук СССР).

Слетов П. В. и Слетова В. А. Д. И. Менделеев. М. Жургазобъединение. 1933. 184 стр. с илл (Жизнь замечательных людей).

Вольфкович С. И. Жизнь и творчество Дмитрия Ивановича Менделеева. К 50-летию со дня смерти. „Наука и жизнь". 1947. № 3, стр. 35—41.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Сталин И. В. Сочинения, т. I. М. Госполитиздат. 1946. Стр. 301.

Энгельс Ф. Диалектика природы. М. Партиздат. 1936. Стр. 128—129.

Менделеев Д. И. Основы химии. 12-е изд. (4-е посмертное). Тт. I—II. М.—Л. Госхимтехиздат. 1934. Т. I. 624 стр. с илл. Т. II. 704 стр. с илл. + 72 стр.

Менделеев Д. И. Избранные сочинения. Т. I, II. Под ред. А. Н. Баха и др. Л. Госхимтехиздат. 1934. 520 стр. (Акад. наук СССР).

Второй том содержит в хронологическом порядке все работы (часть в виде отрывков из больших произведений), имеющие отношение к периодическому закону.

Менделеев Д. И. Периодический закон. Под ред. и со статьей о современном положении периодического закона Б. Н. Меншуткина. М.—Л. ГИЗ. 1926. 255 стр. (Классики естествознания).

Книга содержит оригинальные работы Менделеева по периодической системе элементов, показывающие, как постепенно вырабатывалась эта система и как она приняла тот вид, который был ей окончательно дан Менделеевым. Статья Б. Н. Меншуткина „Д. И. Менделеев и новейшее развитие периодического закона" (стр. 167—252) дает представление о том, как современной химии и физике удалось подвести новый фундамент под периодический закон и привести его в связь со строением атома. Нужно, однако, иметь в виду, что с 1925 г. (когда была написана эта статья) наши знания о строении атома значительно углубились, и в этом отношении она несколько устарела.

Меншуткин Б. Н. Химия и пути ее развития. М.—Л. Изд-во Акад. наук СССР. 1937. Стр. 227—238.

Нечаев И. Закон Менделеева. В кн.: Нечаев И. Рассказы об элементах. М.—Л. Детгиз. 1944. Стр. 86—102.

Первухин М. Г. К 75-летию периодического закона Д. И. Менделеева. Об очередных задачах работников советской химии. М. Госхимиздат. 1944. 16 стр.

Рабинович Е. и Тило Э. Периодическая система элементов. История и теория. М.—Л. Гостехиздат. 1933. 410 стр. (Современная физика. Кн. IV).

ЖУРНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Байков А. А. Периодический закон и его основатель. „Вестник Акад. наук СССР". 1944, № 9, стр. 3—14.

Владимиров С. Научный подвиг русского ученого. „Техника—молодежи", 1946, № 1, стр. 23—28.

Иоффе А. Ф. Физический смысл периодической системы. „Вестник Акад. наук СССР", 1944, № 6, стр. 18—29.

Кедров Б. Логика научных открытий, связанных с периодическим законом Д. И. Менделеева. „Под знаменем марксизма", 1944, № 4-5, стр 55—69.

Ландау Л. Д. Периодическая система элементов в современной физике. „Вестник Акад. наук СССР", 1947, № 4, стр. 3—8.

Степанов Б. Сокровища атомного ядра. „Знание — сила", 1947, № 3, стр. 7—11; № 4, стр. 25—30.

&Цена 2 руб. 40 коп.